



ΕΦΗΜΕΡΙΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ

ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ

ΤΕΥΧΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ **Αρ. Φύλλου 1329**

6 Νοεμβρίου 2000

ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ

Αριθ. Δ17α/116/4/ΦΝ 429

Έγκριση Ελληνικού Κανονισμού για τη Μελέτη και Κατασκευή Έργων από Ωπλισμένο Σκυρόδεμα.

Ο ΥΠΟΥΡΓΟΣ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ ΚΑΙ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ

Έχοντας υπόψη:

1. Τις διατάξεις της παρ. 1 και 4 του άρθρου του Ν. 1418/84 «Δημόσια έργα και ρυθμίσεις συναφών θεμάτων»(Α΄23).

2. Τις διατάξεις του άρθρου 29Α΄ του Ν. 1558/85 (Α΄137), το οποίο προστέθηκε με το άρθρο 27 του Ν. 2081/1992 (Α΄154) και τροποποιήθηκε με το άρθρο 1 παρ. 2α του Ν. 2469/97 (Α΄38) και το γεγονός ότι από τις διατάξεις της παρούσας απόφασης δεν προκαλείται δαπάνη σε βάρος του Κρατικού Προϋπολογισμού.

3. Το από 21/7/2000 έγγραφο προς τον ΟΑΣΠ του Προέδρου της Επιτροπής Σύνταξης του Ελληνικού Κανονισμού για τη Μελέτη και Κατασκευή Έργων από Ωπλισμένο Σκυρόδεμα, και επειδή

- Ο παρών Κανονισμός με τίτλο «Ελληνικός Κανονισμός Ωπλισμένου Σκυροδέματος (Ε.Κ.Ω.Σ.- 2000)» αποτελεί αναθεώρηση του ισχύοντος Νέου Ελληνικού Κανονισμού για τη Μελέτη και Κατασκευή Έργων από Σκυρόδεμα (Ν.Ε.Κ.Ω.Σ.) όπως αυτός εγκρίθηκε και ετέθη σε εφαρμογή με την Απόφαση αριθμ. Δ11ε/0/30123/31-12-1991 και τροποποιήθηκε με την Απόφαση αριθμ. Δ11β/13/3-3-1995.
- Η Αναθεώρηση αυτή είναι αποτέλεσμα επεξεργασίας από την Επιτροπή Σύνταξης του Νέου Ελληνικού Κανονισμού για την Μελέτη και Κατασκευή Έργων από Σκυρόδεμα που λειτούργησε στα πλαίσια της Υπουργικής Απόφασης Δ11β/25/10-4-1995.
- Ο Ελληνικός Κανονισμός Ωπλισμένου Σκυροδέματος (Ε.Κ.Ω.Σ. 2000) περιλαμβάνει τροποποιήσεις και συμπληρώσεις του ισχύοντος Κανονισμού που κρίθηκαν αναγκαίες :

α) μετά από σημαντικές παρατηρήσεις, σχόλια και επιστημονικές απόψεις που διατυπώθηκαν κατά την διάρκεια εφαρμογής του Ν.Ε.Κ.Ω.Σ.

β) για την προσαρμογή στους αντίστοιχους Ευρωκώδικες EC2 (Σκυροδέματος) και EC8 (Αντισεισμικός)

γ) για την προσαρμογή στον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (Ε.Α.Κ.2000) και στους Ελληνικούς Κανονισμούς Τεχνολογίας Σκυροδέματος (1997) και Χαλύβων Ωπλισμένου Σκυροδέματος (2000), αποφασίζουμε:

ΑΡΘΡΟ ΠΡΩΤΟ
ΕΓΚΡΙΣΗ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΥ

Εγκρίνουμε τον Ελληνικό Κανονισμό Ωπλισμένου Σκυροδέματος (Ε.Κ.Ω.Σ. 2000), το κείμενο του οποίου έχει ως ακολούθως:

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1
ΓΕΝΙΚΑ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο Κανονισμός περιλαμβάνει Ορισμούς, Απαιτήσεις και Κριτήρια ικανοποίησής τους.

Η εφαρμογή αυτού του Κανονισμού προϋποθέτει άτομα που διαθέτουν τις απαραίτητες τεχνικές γνώσεις και σχετικά προσόντα.

Η εξασφάλιση της απαιτούμενης αντοχής και λειτουργικότητας μέσω της διατάξεως της κατασκευής και του συνόλου των δομικών στοιχείων που την αποτελούν συνιστά γενική απαίτηση του Κανονισμού.

1.2 ΠΕΔΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Ο Κανονισμός αυτός ισχύει για κατασκευές από ωπλισμένο και/ ή προεντεταμένο σκυρόδεμα με συνήθη αδρανή, όπως αυτά ορίζονται στον Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος (Κ.Τ.Σ. 1997)

Ο Κανονισμός καλύπτει την περίπτωση σχεδιασμού για συνήθεις δράσεις (μόνιμα φορτία, μεταβλητά φορτία, θερμοκρασιακές δράσεις περιβάλλοντος, χρόνια συμπεριφορά σκυροδέματος και οπλισμών, κλπ.).

Ο Κανονισμός αυτός δεν καλύπτει πλήρως ορισμένα ειδικά έργα όπως γέφυρες, φράγματα, θαλάσσια έργα, πυρηνικούς αντιδραστήρες κλπ., για τα οποία οι διατάξεις του παρόντος Κανονισμού πρέπει να προσαρμόζονται και να συμπληρώνονται με κατάλληλους επιμέρους Κανονισμούς.

1.3 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ

Αντικείμενο του Κανονισμού αυτού είναι η ικανοποίηση των απαιτήσεων αντοχής και λειτουργικότητας των κατασκευών με επαρκή ασφάλεια.

1.4 ΒΑΣΕΙΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

Τα Κεφάλαια 2 μέχρι και 5 περιλαμβάνουν τα βασικά δεδομένα για τους υπολογισμούς. Τιμές διαφορετικές από τις περιλαμβανόμενες στα Κεφάλαια αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν υπό την προϋπόθεση ότι η αξιοπιστία τους θα αποδεικνύεται κατά ικανοποιητικό τρόπο.

Τα κριτήρια σχεδιασμού τα σχετικά με την ασφάλεια και την λειτουργικότητα των κατασκευών βασίζονται σε μία θεώρηση οριακών καταστάσεων. Η γενική μέθοδος σχεδιασμού είναι μία ημι-πιθανολογική μέθοδος, κατά την οποία οι πιθανολογικές θεωρήσεις

λαμβάνονται υπόψη μέσω ορισμού "αντιπροσωπευτικών" τιμών τόσο για τις δράσεις όσο και για τις αντοχές των υλικών. Οι τιμές σχεδιασμού και δράσεων και των αντοχών διαμορφώνονται τελικά μέσω χρήσεως κατάλληλων επί μέρους συντελεστών ασφαλείας (Κεφάλαιο 6). Οι ειδικές μέθοδοι σχεδιασμού που υιοθετούνται (Κεφάλαια 10 μέχρι 14) συμπληρώνονται από κανόνες και πρακτικές συστάσεις για λεπτομερή διαστασιολόγηση (Κεφάλαια 15 μέχρι 18). Επιπροσθέτως με τους κανόνες για τον έλεγχο της ρηγμάτωσης (Κεφάλαιο 15), με τις οριζόμενες ελάχιστες επικαλύψεις των οπλισμών (Κεφάλαιο 5) και ελάχιστες διαμέτρους των ράβδων οπλισμού (Κεφάλαιο 18), καθώς και με τα περί συντήρησης και επιθεώρησης (Κεφάλαιο 22) ικανοποιείται και η απαίτηση ανθεκτικότητας. Ο όρος ανθεκτικότητα εκφράζει σε αυτόν τον Κανονισμό εξασφάλιση αντοχής και λειτουργικότητας στη διάρκεια του χρόνου.

Η εφαρμογή σε ειδικές περιπτώσεις άλλων μεθόδων σχεδιασμού από αυτές που περιλαμβάνονται στα Κεφάλαια 10 έως 18 επιτρέπεται υπό την προϋπόθεση ότι η επιλογή των εναλλακτικών μεθόδων θα αιτιολογείται πλήρως. Πρέπει δηλαδή να αποδεικνύεται ότι μέσω των εναλλακτικών μεθόδων ικανοποιούνται οι απαιτήσεις του Κανονισμού, επιτυγχάνεται δε η ίδια στάθμη αξιοπιστίας.

1.5 ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ

Τα ειδικά σύμβολα που χρησιμοποιούνται, ακολουθούν το Πρότυπο ISO 3898.

1.5.1 Εννοιολογική σημασία των συμβόλων

(i) Λατινικά κεφαλαία γράμματα:

A Τυχηματική δράση
A Εμβαδόν
C Σταθερή τιμή
E Μέτρο ελαστικότητας
E Επίδραση δράσης
F Δράση
F Δύναμη
G Μόνιμη δράση
G Μέτρο διάτμησης
I Ροπή αδράνειας
M Ροπή γενικά
M Καμπτική ροπή
N Αξονική δύναμη
P Δύναμη προέντασης
Q Μεταβλητή δράση
R Αντοχή
S Εσωτερικές δυνάμεις και ροπές
T Στρεπτική ροπή
V Διατμητική δύναμη
W Ροπή αντίστασης
X Τιμή μιας ιδιότητας του υλικού

(ii) Λατινικά πεζά γράμματα:

a	Απόσταση
a	Γεωμετρικά στοιχεία
	Δa αφαιρετικό ή προσθετικό στοιχείο ασφάλειας για γεωμετρικά στοιχεία
b	Πλάτος
d	Διάμετρος / Βάθος
e	Εκκεντρότητα
f	Αντοχή (υλικού)
h	Ύψος
i	Ακτίνα αδράνειας
k	Συντελεστής
λ ή L	Μήκος / Άνοιγμα
m	Μάζα
r	Ακτίνα
t	Πάχος
u, v, w	Συνιστώσες μετατόπισης ενός σημείου
x, y, z	Συντεταγμένες

(iii) Ελληνικά πεζά γράμματα:

α	Γωνία / Λόγος
β	Γωνία / Λόγος
γ	Επιμέρους συντελεστής ασφαλείας
ε	Ανηγμένη παραμόρφωση
λ	Λυγηρότητα
μ	Συντελεστής τριβής
ν	Λόγος Poisson
π	Πυκνότητα
σ	Ορθή τάση
τ	Διατμητική τάση
ψ	Συντελεστές που καθορίζουν τις αντιπροσωπευτικές τιμές των μεταβλητών δράσεων
	ψ_0 για τιμές σχεδιασμού
	ψ_1 για τους βραχυχρόνιους συνδυασμούς δράσεων
	ψ_2 για τους μακροχρόνιους συνδυασμούς δράσεων

(iv) Δείκτες:

a	Δομικός χάλυβας
c	Σκυρόδεμα
c	Θλίψη
cr ή crit	Κρίσιμη
d	Σχεδιασμός
dir	Άμεσος
eff	Ενεργός
ext	Εξωτερικός
f	Πέλμα δοκού Τ
F ή P	Δράση
g ή G	Μόνιμη δράση

h	Άνω / Ανώτερος
ind	Έμμεσος
inf	Κάτω / Κατώτερος
int	Εσωτερικός
k	Χαρακτηριστικός
I	Κάτω / Κατώτερος
m ή M	Υλικό
m	Καμπτικός
m	Μέσος
max	Μέγιστος
min	Ελάχιστος
nom	Ονομαστικός
p ή P	Δύναμη προέντασης
pl	Πλαστικός
ps	Χάλυβας προέντασης
q ή Q	Μεταβλητή δράση
R	Αντοχή
rep	Αντιπροσωπευτικός
s	Χάλυβας οπλισμού
S	Εσωτερικές δυνάμεις και ροπές
stb	Ευστάθεια
sup	Ανώτερο / Άνω
t ή ten	Εφελκυσμός
t ή tor	Στρέψη
u	Αστοχία
v	Διάτμηση
w	Κορμός
x, y, z	Συντεταγμένες
y	Διαρροή

1.5.2 Ειδικά σύμβολα που χρησιμοποιούνται στον παρόντα Κανονισμό

Γενικά τα σύμβολα που χρησιμοποιούνται στον παρόντα Κανονισμό βασίζονται στα σύμβολα της παραγράφου 1.5.1. και στα παράγωγα αυτών όπως:

$G_{d,sup}$ Άνω τιμή σχεδιασμού μόνιμης δράσης

A_c Συνολικό εμβαδόν διατομής σκυροδέματος

f_{yd} Αντοχή διαρροής κατά το σχεδιασμό, του οπλισμού

Τέτοια παράγωγα ορίζονται και στο κείμενο όπου συναντώνται για εύκολη χρήση. Επιπλέον όμως έχουν καταγράφει και οριστεί στην παρακάτω παράγραφο 1.5.3 όλα τα ειδικά σύμβολα που χρησιμοποιούνται στον παρόντα Κανονισμό.

1.5.3 Σύμβολα

(i) Κεφαλαία Λατινικά:

A_c	Εμβαδό διατομής στοιχείου από σκυρόδεμα (Κεφ.10)
A_k	Εμβαδό που περικλείεται από την πολυγωνική γραμμή που διέρχεται από το μέσον των τοιχωμάτων της ισοδύναμης διατομής (Κεφ.12)
A_{sl}	Συνολικό εμβαδό διαμήκων ράβδων στρέψης (Κεφ.12)
A_p	Εμβαδό διατομής τένοντα προέντασης (Κεφ.10)
A_{pl}	Συνολικό εμβαδό διαμήκων τενόντων προέντασης (Κεφ.12)
A_s	Εμβαδό διατομής διαμήκους οπλισμού (Κεφ.10). Η μεγαλύτερη από τις διατομές των ράβδων που συγκολλούνται στα πλέγματα (Κεφ.3)
$A_{s,cal}$	Απαιτούμενη από τον υπολογισμό διατομή οπλισμού (Κεφ.17)
$A_{s,ef}$	Υπάρχουσα διατομή οπλισμού (Κεφ.17)
$A_{s,sl}$, $A_{s,st}$	Διατομή διαμήκους και εγκάρσιου οπλισμού
A_{sw}	Εμβαδό διατομής οπλισμού διάτμησης (Κεφ.11)
A_{sx} , A_{sy}	Εμβαδό οπλισμού πλάκας κατά x και y (Κεφ.18)
A_{tot}	Εμβαδό θλιβόμενης ζώνης πλακοδοκού, ή εμβαδό διαμήκων εφελκυόμενων οπλισμών στο πέλμα της πλακοδοκού (Κεφ.11)
A_1	Εμβαδό σκυροδέματος του ενός πτερυγίου του πέλματος πλακοδοκού, ή εμβαδό διαμήκων οπλισμών εντός του πτερυγίου (Κεφ.11)
C	Στρεπτική ροπή αδρανείας στη μη ρηγματωμένη διατομή (Κεφ.8)
D	Διάμετρος καμπύλωσης αγκίστρων, αναβολέων και συνδετήρων (Κεφ.8)
E	Τιμή οριζόντιου φορτίου λόγω σεισμού (Κεφ.6)
E_c	Μέτρο ελαστικότητας σκυροδέματος (Κεφ.2)
$E_{c,j}$	Μέτρο ελαστικότητας σκυροδέματος την στιγμή εφαρμογής των φορτίων (Κεφ.4)
E_{cm}	Μέση τιμή επιβατικού μέτρου ελαστικότητας σκυροδέματος
E_{c28}	Μέση τιμή επιβατικού μέτρου ελαστικότητας σκυροδέματος σε ηλικία 28 ημερών (Κεφ.2)
$E_c(t_0)$	Αρχική τιμή του μέτρου ελαστικότητας σκυροδέματος σε ηλικία t_0 (Κεφ.2)
E_s	Μέτρο ελαστικότητας χάλυβα (Κεφ.3)
F	Τυχηματική δράση (Κεφ.6)
F_d	Τιμή σχεδιασμού τυχηματικών δράσεων (Κεφ.6). Δράση σχεδιασμού υποστυλώματος (Κεφ.14)
F_k	Χαρακτηριστική τιμή τυχηματικών δράσεων (Κεφ.6)
F_t	Καμπύλη διαγράμματος εφελκυστικών δυνάμεων δοκού (Κεφ.17)
F_v	Άθροισμα κατακόρυφων φορτίων λειτουργίας (Κεφ.14)
G	Μόνιμες δράσεις (Κεφ.6)
G_d	Τιμή σχεδιασμού μονίμων δράσεων (Κεφ.6)
G_k	Χαρακτηριστική τιμή μονίμων δράσεων (Κεφ.6)
G_1	Μόνιμες δράσεις που συμβάλλουν στην ευστάθεια (Κεφ.6)
G_2	Μόνιμες δράσεις που δεν συμβάλλουν στην ευστάθεια (Κεφ.6)

H_{cr}	Ύψος κρίσιμης περιοχής τοιχώματος (Κεφ.18)
H_w	Ύψος τοιχώματος (Κεφ.18)
I_b	Ροπή αδράνειας δοκού (Κεφ.9)
I_s	Ροπή αδράνειας πλάκας (Κεφ.9)
I	Ροπή αδράνειας διατομής (Κεφ.14)
K	Δυστρεψία (Κεφ.8)
K_I	Δυστρεψία σταδίου Ι (Κεφ.8)
K_{IIm}	Δυστρεψία σταδίου ΙΙ, καμπτικές ρωγμές (Κεφ.8)
K_{IIt}	Δυστρεψία σταδίου ΙΙ, ρωγμές λόγω στρέψης και τέμνουσας (Κεφ.8)
M	Ροπή κάμψης (Κεφ.10)
M_{Sd1}	Δρώσα ροπή σχεδιασμού 1ης τάξεως (Κεφ.14)
M_F	Καμπτική ροπή ανοίγματος φατνώματος
M_{Rd}	Καμπτική ροπή σχεδιασμού αντοχής (Κεφ.10)
M_s	Ροπή στήριξης φατνώματος (Κεφ.9)
M_{Sd}	Δρώσα καμπτική ροπή σχεδιασμού (Κεφ.10)
N	Αξονική δύναμη (Κεφ.10)
N_{Sd}	Αξονική θλιπτική δύναμη σχεδιασμού υποστυλώματος (Κεφ.14)
$N_{g,k}$	Αντιπροσωπευτική τιμή αξονικής δύναμης υποστυλώματος λόγω μακροχρονίων ερπυστικών δράσεων (Κεφ.14)
$N_{g+q,k}$	Αντιπροσωπευτική τιμή αξονική δύναμη υποστυλώματος λόγω του συνόλου των δράσεων (Κεφ.14)
N_{Rd}	Αξονική δύναμη σχεδιασμού αντοχής (Κεφ.10)
N_{Sd}	Δρώσα αξονική δύναμη σχεδιασμού (Κεφ.10)
P	Δύναμη προέντασης
P_d , P_k	Τιμή σχεδιασμού και χαρακτηριστική τιμή της δύναμης προέντασης (Κεφ.6)
P_0	Αρχική δύναμη προέντασης (t=0) στο άκρο (x=0) (Κεφ.14)
Q	Μεταβλητές δράσεις (Κεφ.6)
Q_d , Q_k	Τιμή σχεδιασμού και χαρακτηριστική τιμή αντοχής ενός μεγέθους (Κεφ.6)
R_d , R_k	Τιμή σχεδιασμού και χαρακτηριστική τιμή αντοχής ενός μεγέθους (Κεφ.6)
RH	Σχετική υγρασία
S_d , S_k	Τιμή σχεδιασμού και χαρακτηριστική τιμή δράσεων (Κεφ.6)
T	Μέση ημερήσια θερμοκρασία σκυροδέματος (Κεφ.6). Ροπή στρέψης (Κεφ.8)
T_{Rd}	Τιμή σχεδιασμού αντοχής σε ροπή στρέψης (Κεφ.12)
T_{Sd}	Τιμή σχεδιασμού δρώσας ροπής στρέψης (Κεφ.12)
V	Τέμνουσα δύναμη (Κεφ.8, 11)
V_{cd}	Τέμνουσα δύναμη που παραλαμβάνεται από το θλιβόμενο πέλμα (Κεφ.11)
V_{Rd}	Τέμνουσα αντοχής σχεδιασμού (Κεφ.11)
V_{Sd}	Δρώσα τέμνουσα σχεδιασμού (Κεφ.11)
V_{wd}	Τέμνουσα που παραλαμβάνεται από οπλισμούς (Κεφ.11)
W_k	Χαρακτηριστική τιμή δράσης ανέμου (Κεφ.6)

(ii) Πεζά Λατινικά:

a_L Αξονική απόσταση επιμηκών νευρώσεων πλάκας (Κεφ.18)

a_l Μήκος μετατόπισης διαγράμματος ροπών κάμψης και εφελκυστικών δυνάμεων (Κεφ.11, 17)

a_t Βέλος κάμψης σε χρόνο t (Κεφ.16)

a_v Απόσταση μεταξύ διαδοχικών σημείων μηδενικής και μέγιστης ροπής κάμψης (Κεφ.11). Απόσταση συγκεντρωμένου φορτίου από τον άξονα στήριξης (Κεφ.11)

a_0 Βέλος κάμψης σε χρόνο t=0 (Κεφ.16)

b Πλάτος στοιχείου (Κεφ.11)

b_m Συνεργαζόμενο πλάτος πλακοδοκού (Κεφ.8). Υπολογιστικό πλάτος διανομής συγκεντρωμένου φορτίου (Κεφ.9)

b_{m1}, b_{m2} Διάσταση πτερυγίων πλακοδοκού (Κεφ.8)

b_t Μέσο πλάτος εφελκυόμενης ζώνης (Κεφ.18)

b_x, b_y Διαστάσεις της περιμέτρου κατά τις διευθύνσεις x και y, παράλληλες προς την φορτιζόμενη επιφάνεια (Κεφ.13)

b_w Πλάτος κορμού δοκού (Κεφ.8)

b_o Διάσταση επιφάνειας εφαρμογής συγκεντρωμένου φορτίου (Κεφ.9)

b_1, b_2 Καθαρά ανοίγματα πλακών μεταξύ δοκών (Κεφ.8)

c Διάμετρος κύκλου φορτιζόμενης επιφάνειας (Κεφ.13). Επικάλυψη σκυροδέματος (Κεφ.5). Μήκος ακραίας λωρίδας πλάκας (Κεφ.18)

c_h, c_v Ελάχιστες κατακόρυφες και οριζόντιες αποστάσεις τενόντων (Κεφ.17)

d Στατικό ύψος διατομής (Κεφ.10)

d_x, d_y Στατικά ύψη x και y, αντίστοιχα (Κεφ.13)

d_g Μέγιστη διάσταση αδρανών σκυροδέματος

e Εκκεντρότητα

e_a Πρόσθετη εκκεντρότητα (Κεφ.14)

e_{tot} Ολική εκκεντρότητα (Κεφ.14)

e_0 Εκκεντρότητα πρώτης τάξης (Κεφ.14)

e_{01}, e_{02} Εκκεντρότητες πρώτης τάξης στα δύο άκρα

e_1 Ολική εκκεντρότητα πρώτης τάξης (Κεφ.14)

e_2 Εκκεντρότητα δεύτερης τάξης, μέγιστο βέλος δεύτερης τάξης προτύπου υποστυλώματος (Κεφ.14)

f_{bd} Οριακή τάση συνάφειας (Κεφ.17)

f_{cd}, f_{ck} Θλιπτική αντοχή σχεδιασμού και χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή σκυροδέματος (Κεφ.2, 10)

f_{ck} Χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή σκυροδέματος (Κεφ.2)

f_{cm} Μέση θλιπτική αντοχή σκυροδέματος (Κεφ.2)

f_{ct} Εφελκυστική αντοχή σκυροδέματος (Κεφ.2)

$f_{ctk0.05}$ Χαρακτηριστική εφελκυστική αντοχή σκυροδέματος για ποσοστημόριο αστοχίας 5% (Κεφ.2)

$f_{ctk0.95}$ Χαρακτηριστική εφελκυστική αντοχή σκυροδέματος για ποσοστημόριο αστοχίας 95% (Κεφ.2)

f_{ctm}	Μέση εφελκυστική αντοχή σκυροδέματος (Κεφ.2)
$f_c(t_0)$	Θλιπτική αντοχή σκυροδέματος σε χρόνο t_0 (Κεφ.2)
f_{ck}	Χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή σκυροδέματος (Κεφ.2)
f_d, f_k	Αντοχή σχεδιασμού, χαρακτηριστική αντοχή υλικού (Κεφ.6)
f_{plk}	Χαρακτηριστική αντοχή τένοντα προέντασης (Κεφ.3)
f_{ptk}	Χαρακτηριστική εφελκυστική αντοχή τένοντα προέντασης (Κεφ.3)
$f_{p0.1k}$	Χαρακτηριστική αντοχή τένοντα προέντασης (Κεφ.3)
f_{st}	Εφελκυστική αντοχή χάλυβα που προσδιορίζεται από δοκιμές εφελκυσμού (Κεφ.3, 17)
f_y	Όριο διαρροής χάλυβα (Κεφ.3)
f_{yd}, f_{yk}	Αντοχή σχεδιασμού και χαρακτηριστική αντοχή χάλυβα (Κεφ.3, 10)
f_{ykc}, f_{ykt}	Θλιπτική και εφελκυστική χαρακτηριστική αντοχή χάλυβα (Κεφ.3)
f_{ylk}	Χαρακτηριστική αντοχή διαμήκους οπλισμού (Κεφ.12)
$f_{y,obs}$	Όριο διαρροής χάλυβα όπως προκύπτει από δοκιμές εφελκυσμού (Κεφ.3)
f_{ywd}, f_{ywk}	Τάση σχεδιασμού και χαρακτηριστική τάση οπλισμού διάτμησης (Κεφ.11)
$f_{0.2}$	Συμβατικό όριο διαρροής χάλυβα που αντιστοιχεί σε παραμένουσα παραμόρφωση 0.2% (Κεφ.3)
h	Ολικό ύψος στοιχείου (Κεφ.10)
h_f	Ολικό ύψος πέλματος πλακοδοκού (Κεφ.8, 11)
h_o	Ύψος πλάκας με νευρώσεις (Κεφ.18)
h_s	Ολικό ύψος πλάκας (Κεφ.9)
h	Κατακόρυφη διάσταση διαπλάτυνσης κεφαλής πέραν της περιμέτρου του υποστυλώματος (Κεφ.13)
i	Ακτίνα αδρανείας διατομής (Κεφ.14)
k	Συντελεστής για τον προσδιορισμό του ελάχιστου οπλισμού ρηγμάτωσης (Κεφ.15)
λ	Διάσταση στοιχείου (Κεφ.5). Θεωρητικό άνοιγμα στοιχείου (Κεφ.7)
λ_b	Βασικό μήκος αγκύρωσης (Κεφ.17)
$\lambda_{b,net}$	Μήκος αγκύρωσης (Κεφ.17)
λ_{bp}	Μήκος αγκύρωσης τένοντα (Κεφ.4, 17)
λ_{bpd}	Τιμή σχεδιασμού μήκους αγκύρωσης τένοντα (Κεφ.4)
λ_{cr}	Μήκος κρίσιμης περιοχής υποστυλώματος ή δοκού (Κεφ.18)
λ_n	Απόσταση μεταξύ παρειών στηρίξεων, καθαρό άνοιγμα στοιχείων (Κεφ.7)
$\lambda_{p,ef}$	Μήκος ανάπτυξης προέντασης σε ορθογωνική διατομή (Κεφ.4)
λ_x, λ_y	Μήκος ανοίγματος φατνώματος κατά x και y μετρούμενο μεταξύ των αξόνων των υποστυλωμάτων (Κεφ.9)
λ_w	Μήκος τοιχώματος στην οριζόντια διεύθυνση (Κεφ.18)
λ_o	Απόσταση μεταξύ διαδοχικών σημείων μηδενικής ροπής κάμψης (Κεφ.8). Μήκος λυγισμού (Κεφ.14)
λ_1, λ_2	Διαστάσεις ορθογωνικής οπής πλάκας (Κεφ.13)
λ	Οριζόντια διάσταση διαπλάτυνσης κεφαλής πέραν της περιμέτρου του υποστυλώματος (Κεφ.13)

λ_x Πλάτος συνεργαζόμενης λωρίδας πλάκας στην διεύθυνση y (Κεφ.9)

m_f Ροπή κάμψης ανοίγματος ανά μονάδα μήκους

m_s Ροπή κάμψης στηρίγματος ανά μονάδα μήκους

n, n_l, n_2 Αριθμός ράβδων, τενόντων, οπλισμών κλπ. (Κεφ.17)

p, q Τιμή κατανεμημένου φορτίου για φορτίσεις πλακών (Κεφ.18)

r Ακτίνα καμπυλότητας (Κεφ.14, 16)

s Απόσταση μεταξύ οπλισμών διάτμησης (Κεφ.9, 11, 12, 17, 18) πάχος επικάλυψης πλάκας (Κεφ.9)

s_l, s_t Απόσταση διαμήκων και εγκάρσιων οπλισμών (Κεφ.17)

t Χρόνος παρατήρησης φαινομένου, διορθωμένη ηλικία σκυροδέματος (Κεφ.2). Πλάτος έδρασης (Κεφ.7). Πλάτος εισαγωγής συγκεντρωμένου φορτίου (Κεφ.9)

t_0 Χρονική αφετηρία παρατήρησης φαινομένου

t_x, t_y Πλάτος εισαγωγής συγκεντρωμένου φορτίου κατά x και y (Κεφ.9)

u Περίμετρος διατομής που είναι σε επαφή με το περιβάλλον (Κεφ.2). Περίμετρος κρίσιμης διατομής (Κεφ.13)

u_k Περίμετρος ισοδύναμης διατομής (Κεφ.12)

v Τέμνουσα στο στήριγμα ανά μονάδα μήκους (Κεφ.9)

v_{Rd}, v_{Sd} Τέμνουσα αντοχής σχεδιασμού και δρώσα τέμνουσα σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους (Κεφ.11, 13)

x Ύψος θλιβόμενης ζώνης στοιχείου (Κεφ.8, 10)

x_{II} Ύψος θλιβόμενης ζώνης σταδίου ΙΙ

z Μοχλοβραχίονας εσωτερικών δυνάμεων διατομής (Κεφ.11). Απόσταση των κέντρων των περισφιγμένων άκρων τοιχώματος (Κεφ.18)

(iii) Ελληνικά:

α Άθροισμα γωνιακών αποκλίσεων στο μήκος x (Κεφ.4). Λόγος μέτρων ελαστικότητας χάλυβα και σκυροδέματος (Κεφ.7). Γωνία κλίσης οπλισμού διάτμησης (Κεφ.11). Πρόσθετη κλίση (Κεφ.14). Λόγος μεταξύ θεωρητικού – ιδεατού και πραγματικού μήκους στοιχείου (Κεφ.16)

α_i Διορθωτικός προσθετικός όρος για την εύρεση του θεωρητικού ανοίγματος στοιχείου (Κεφ.7)

α_T Συντελεστής θερμικής διαστολής σκυροδέματος (Κεφ.6)

α_l Συντελεστής μήκους υπερκάλυψης στις περιοχές συνάφειας Ι και ΙΙ (Κεφ.17)

β Γωνία διανομής της δύναμης προέντασης (Κεφ.4). Αυξητικός συντελεστής λόγω εκκεντρότητας της φόρτισης (Κεφ.13). Πολλαπλασιαστικός συντελεστής της τέμνουσας αντοχής λόγω γειτονίας φορτίου και στηριγμάτων (Κεφ.11)

γ_c Επιμέρους συντελεστής ασφαλείας σκυροδέματος (Κεφ.6)

γ_g Επιμέρους συντελεστής ασφαλείας μονίμων δράσεων (Κεφ.6)

γ_m Επιμέρους συντελεστής ασφαλείας υλικού (Κεφ.6)

γ_p Επιμέρους συντελεστής ασφαλείας προέντασης (Κεφ.6)

γ_q Επιμέρους συντελεστής ασφαλείας μεταβλητών δράσεων (Κεφ.6)

γ_s	Επιμέρους συντελεστής ασφαλείας χάλυβα (Κεφ.6)
ΔA_{sl}	Εμβαδό πρόσθετου οπλισμού λόγω μετατόπισης διαγράμματος ροπών κάμψης (Κεφ.11)
$\Delta F_{d,max}$	Μεγίστη τιμής της διαφοράς της διαμήκους δύναμης που ενεργεί στο ένα πτερύγιο πλακοδοκού (Κεφ.11)
ΔF_{tl}	Πρόσθετη εφελκυστική δύναμη οπλισμού λόγω μετατόπισης του διαγράμματος των ροπών κάμψης (Κεφ.11)
Δ_λ	Ανοχή διάστασης στοιχείου (Κεφ.5)
$\Delta P_{t(x)}$	Χρόνιες απώλειες προέντασης σε χρόνο t στη διατομή x (Κεφ.4)
ΔT_{Sd}	Λογιστική ομοιόμορφη πτώση θερμοκρασίας για συστολή ξήρανσης (Κεφ.6)
$\Delta\varepsilon_p$	Πρόσθετη παραμόρφωση του χάλυβα προέντασης (Κεφ.10)
$\Delta\sigma_{p\mu}(x)$	Απώλειες προέντασης λόγω τριβής στη διατομή x (Κεφ.4)
$\Delta\sigma_{p0.2}$	Απώλειες προέντασης λόγω στιγμιαίας παραμόρφωσης του σκυροδέματος (Κεφ.4)
$\Delta\sigma_{p,\infty}$	Τελικές απώλειες προέντασης λόγω ερπυσμού, συστολής ξήρανσης και χαλάρωσης τενόντων (Κεφ.4)
$\Delta\sigma_{p,rel}$	Απώλειες προέντασης λόγω χαλάρωσης (Κεφ.3)
$\Delta\sigma_{p,rel,\infty}$	Τελικές απώλειες προέντασης λόγω χαλάρωσης των τενόντων (Κεφ.4)
$\Delta\sigma_{p,c+spo}$	Τελικές απώλειες προέντασης λόγω ερπυσμού και συστολής ξήρανσης (Κεφ.4)
ε_c	Ανηγμένη παραμόρφωση σκυροδέματος (Κεφ.2)
$\varepsilon_{cc}(t,t_0)$	Ερπυστική ανηγμένη παραμόρφωση σκυροδέματος σε χρόνο $t > t_0$ (Κεφ.2)
$\varepsilon_{cs}(t,t_0)$	Συντελεστής συστολής ξήρανσης σκυροδέματος σε χρόνο $t > t_0$ (Κεφ.2)
$\varepsilon_{c,\infty}$	Τελική βράχυνση σκυροδέματος λόγω ερπυσμού (Κεφ.4)
ε_p	Ανηγμένη Παραμόρφωση τένοντα (Κεφ.4)
ε_{pd}	Ανηγμένη Παραμόρφωση τένοντα που αντιστοιχεί σε τάση $f_{p0.1k}/\gamma_m$
ε_s	Ανηγμένη παραμόρφωση χάλυβα (Κεφ.9, 10)
$\varepsilon_{s,\infty}$	Τελική βράχυνση σκυροδέματος λόγω συστολής ξήρανσης (Κεφ.4)
ε_y	Ανηγμένη παραμόρφωση χάλυβα κατά τη διαρροή (Κεφ.9)
ζ	Λόγος μεγίστης προς ελάχιστη τέμνουσας δύναμης σε διατομή (Κεφ.8, 11)
θ	Γωνία στροφής (Κεφ.8). Γωνία κλίσης θλιβόμενων διαγωνίων σκυροδέματος (Κεφ.11). Συντελεστής ευσταθείας (Κεφ.14)
θ_{pl}	Πλαστική στροφή (Κεφ.8)
κ	Συντελεστής της διατμητικής αντοχής χωρίς ειδικό οπλισμό διάτμησης ή διάτρησης (Κεφ.11, 13)
λ	Λυγηρότητα (Κεφ.14)
μ	Συντελεστής τριβής μεταξύ τένοντα – σωλήνα (Κεφ.4)
μ_d	Καμπτική ροπή ανηγμένη στην επιφάνεια της διατομής του σκυροδέματος, στο ύψος της διατομής και στην αντοχή του σκυροδέματος (Κεφ.10)
ν	Ανηγμένη αξονική δύναμη
ν_d	Αξονική δύναμη σχεδιασμού ανηγμένη στην επιφάνεια της διατομής και

	την αντοχή του σκυροδέματος (Κεφ.10, 14, 18)
ξ	Λόγος του ύψους της θλιβόμενης ζώνης προς το στατικό ύψος διατομής (Κεφ.8)
ρ	Ποσοστό εφελκυόμενου οπλισμού (Κεφ.16)
ρ'	Ποσοστό θλιβόμενου οπλισμού (Κεφ.16)
ρ_l	Ποσοστό διαμήκους οπλισμού (Κεφ.11)
ρ_{lx}, ρ_{ly}	Ποσοστά οπλισμού κατά x και y (Κεφ.13)
ρ_w	Ποσοστό οπλισμού διάτμησης (Κεφ.18)
Σ	Σύμβολο άθροισης
σ_c	Τάση σκυροδέματος (Κεφ.2)
$\sigma_c(x)$	Τάση σκυροδέματος στη διατομή (Κεφ.4)
σ_{cg}	Τάση σκυροδέματος στη θέση των τενόντων λόγω ιδίου βάρους και άλλων μονίμων δράσεων (Κεφ.2)
σ_{co}	Σταθερή τάση σκυροδέματος που εφαρμόζεται την στιγμή t_0 (Κεφ.2)
σ_{cpo}	Αρχική τάση σκυροδέματος στη θέση των τενόντων λόγω προέντασης μόνο (Κεφ.4)
σ_d, σ_k	Τάση σχεδιασμού και χαρακτηριστική τάση υλικού (Κεφ.6)
σ_{pl}	Μόνιμη τάση τενόντων προέντασης (Κεφ.12)
σ_{po}	Αρχική τάση προέντασης (Κεφ.3)
$\sigma_{po}(x)$	Τάση τένοντα στη διατομή x (Κεφ.4)
σ_s	Τάση χάλυβα (Κεφ.3)
τ_{Rd}	Τάση αντοχής σχεδιασμού σε τέμνουσα (Κεφ.11)
$\phi(t,t_0)$	Συντελεστής ερπυσμού σε $t > t_0$ (Κεφ.2)
$\varnothing$	Διάμετρος ράβδου οπλισμού (Κεφ.17) ή τένοντα προέντασης (Κεφ.4)
$\varnothing_n$	Ισοδύναμη διάμετρος οπλισμού για δέσμες ράβδων (Κεφ.17)
ψ	Συντελεστής συνδυασμού για μεταβλητές δράσεις (Κεφ.6)
ψ_1, ψ_2	Συντελεστές συνδυασμού για βραχυχρόνιες και μακροχρόνιες μεταβλητές δράσεις αντίστοιχα (Κεφ.6)
ω	Μηχανικό ποσοστό οπλισμού (Κεφ.10)
ω_{wd}	Μηχανικό ογκομετρικό ποσοστό οπλισμού περίσφιξης (Κεφ.18)

1.6 ΜΟΝΑΔΕΣ

Οι μονάδες που χρησιμοποιούνται συμφωνούν με το Π.Δ. 515/83 και το Πρότυπο ISO 1000, τα οποία βασίζονται στο διεθνές σύστημα μονάδων (S.I.).

1.7 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΜΕΛΕΤΩΝ

Η παρουσίαση των υπολογισμών και των σχεδίων πρέπει να είναι σύμφωνη με τις κείμενες διατάξεις.

1.8 ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΜΕΛΕΤΩΝ

Η μελέτη πρέπει να περιλαμβάνει τα τεύχη και τα σχέδια τα οποία είναι απαραίτητα για την ορθή εκτέλεση της κατασκευής, όπως ειδικότερα ορίζεται στις ισχύουσες προδιαγραφές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΓΙΑ ΤΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η αντοχή και τα άλλα δεδομένα για το σκυρόδεμα καθορίζονται βάσει τυποποιημένων δοκιμών.

2.2 ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ

Το φαινόμενο βάρος θα προσδιορίζεται μέσω δοκιμών ή θα εκτιμάται με βάση τις γνωστές τιμές φαινομένων βαρών των συστατικών του σκυροδέματος.

2.3 ΘΛΙΠΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ

2.3.1 Χαρακτηριστική αντοχή

Ο Κανονισμός αυτός βασίζεται σε θλιπτική αντοχή σκυροδέματος που μετράται στις 28 ημέρες σε κυλινδρικά δοκίμια διαμέτρου 150 mm και ύψους 300 mm ή κυβικά δοκίμια ακμής 150 mm, σύμφωνα με τις διατάξεις του Κανονισμού Τεχνολογίας Σκυροδέματος (Κ.Τ.Σ.).

Χαρακτηριστική αντοχή κυλινδρικού δοκιμίου f_{ck} ή κυβικού δοκιμίου $f_{ck,cube}$ θεωρείται εκείνη η τιμή αντοχής κάτω της οποίας υπάρχει 5% πιθανότητα να βρεθεί η τιμή αντοχής ενός τυχαίου δοκιμίου.

Στην πράξη το σκυρόδεμα θεωρείται ότι ανήκει στην κατηγορία που προδιαγράφεται στην μελέτη, αν τα αποτελέσματα των δοκιμών συμφωνούν με τα κριτήρια συμμόρφωσης του Κ.Τ.Σ.

2.3.2 Κατηγορίες σκυροδέματος

Η διαστασιολόγηση πρέπει να βασίζεται σε κατηγορία σκυροδέματος που αντιστοιχεί σε καθορισμένη τιμή χαρακτηριστικής αντοχής.

Οι κατηγορίες σκυροδέματος είναι οι ακόλουθες:

C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60

όπου ο πρώτος αριθμός κάθε κατηγορίας ορίζει την χαρακτηριστική αντοχή κυλίνδρου (f_{ck}), ενώ ο δεύτερος ορίζει την χαρακτηριστική αντοχή κύβου ($f_{ck,cube}$) σε MPa, στις 28 ημέρες.

Η χρήση της κατηγορίας C12/15 σε ωπλισμένο σκυρόδεμα επιτρέπεται μόνο για κτίρια χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας (βλ. παρ. 6.1.3) με τρεις το πολύ ορόφους.

Η χρήση της κατηγορίας C16/20 σε ωπλισμένο σκυρόδεμα επιτρέπεται μόνο:

- για κτίρια χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας, ανεξαρτήτως του αριθμού των ορόφων.
- Για κτίρια με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας, με τρεις το πολύ ορόφους.

Για προεντεταμένο σκυρόδεμα δεν επιτρέπονται οι κατηγορίες C12/15, C16/20 και C20/25.

2.4 ΕΦΕΛΚΥΣΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ

Στον Κανονισμό αυτό και εφόσον δεν υπάρχει άλλη ένδειξη, ο όρος "εφελκυστική αντοχή" αναφέρεται σε καθαρό αξονικό εφελκυσμό, όπως έχει οριστεί από τον Κ.Τ.Σ.

Η εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος f_{ct} μπορεί να εκτιμηθεί βάσει της χαρακτηριστικής αντοχής του σκυροδέματος από τον Πίνακα 2.1.

Πίνακας 2.1: Εφελκυστική αντοχή σε MPa

f_{ck}	**12**	**16**	**20**	**25**	**30**	**35**	**40**	**45**	**50**
$f_{ctk\,0.05}$	1.10	1.30	1.50	1.80	2.00	2.20	2.50	2.70	2.90
f_{ctm}	1.60	1.90	2.20	2.60	2.90	3.20	3.50	3.80	4.10
$f_{ctk\,0.95}$	2.00	2.50	2.90	3.30	3.80	4.20	4.60	4.90	5.30

Η εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος (f_{ct}) μπορεί να εκτιμηθεί από τις αντίστοιχες αντοχές εφελκυσμού από κάμψη ($f_{ct,fl}$) ή από διάρρηξη ($f_{ct,sp}$) από τις ακόλουθες σχέσεις:

$$f_{ct} = 0.50 \cdot f_{ct,fl} \quad \text{(2.1α)}$$

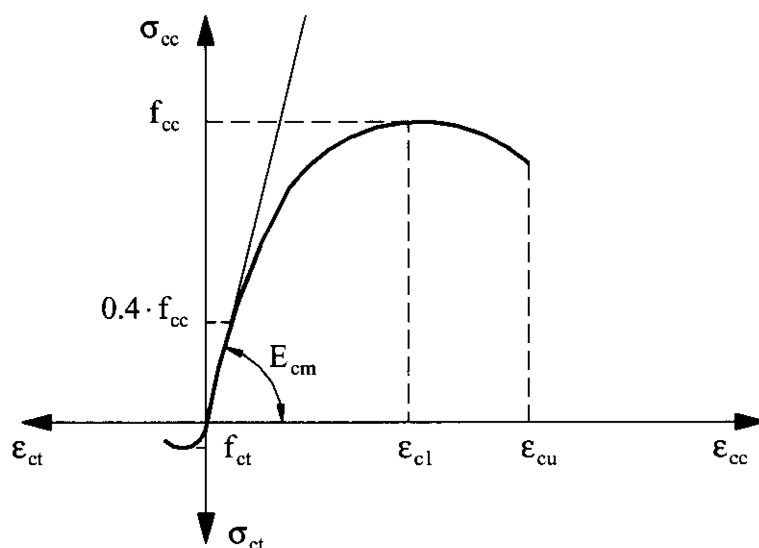
$$f_{ct} = 0.90 \cdot f_{ct,sp} \quad \text{(2.1β)}$$

2.5 ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ

2.5.1 Διαγράμματα τάσεων - παραμορφώσεων

Ο μελετητής μπορεί να χρησιμοποιεί αιτιολογημένως διάφορες μορφές του διαγράμματος τάσεων - παραμορφώσεων, ανάλογα με την φύση του έργου και με τις ειδικές απαιτήσεις της μελέτης. Για οικοδομικά έργα, κατάλληλα ιδεατά διαγράμματα περιέχονται στα αντίστοιχα Κεφάλαια του Κανονισμού.

Η γενική μορφή των διαγραμμάτων τάσεων - παραμορφώσεων παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.1.



Σχήμα 2.1: Σχηματικό διάγραμμα τάσεων - παραμορφώσεων σκυροδέματος (c=θλίψη, t=εφελκυσμός).

2.5.2 Μέτρο ελαστικότητας

Η μέση τιμή E_{cm} του επιβατικού μέτρου ελαστικότητας μπορεί να εκτιμηθεί βάσει της χαρακτηριστικής θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος, μέσω του πίνακα 2.2.

Πίνακας 2.2: Επιβατικό μέτρο ελαστικότητας σε GPa

f_{ck}	**12**	**16**	**20**	**25**	**30**	**35**	**40**	**45**	**50**
E_{cm}	26	27.5	29	30.5	32	33.5	35	36	37

2.5.3 Λόγος Poisson

Για το λόγο του Poisson μπορεί να ληφθεί μία τιμή μεταξύ 0.00 και 0.20.

2.5.4 Ερπυσμός και συστολή ξήρανσης

Για οικοδομικά έργα μπορούν να ληφθούν για τον τελικό συντελεστή ερπυσμού και την τελική συστολή ξήρανσης ($t=\infty$), ως αντιπροσωπευτικές οι τιμές του πίνακα 2.3 εφόσον η τάση του σκυροδέματος δεν υπερβαίνει την τιμή $0.50 \cdot f_{ck}$.

Πίνακας 2.3: Τελικές τιμές του συντελεστή ερπυσμού $\varphi(t_\infty, t_0)$
και της συστολής ξήρανσης $\varepsilon_{cs}(t_\infty, t_0)$ σκυροδέματος

$\varphi(t_\infty, t_0)$						
Ηλικία t_0 τη στιγμή της φόρτισης (ημέρες)	Ιδεατό μέγεθος $2 \cdot A_c / u$ σε mm					
	50	150	600	50	150	600
	Ξηρές ατμοσφαιρικές συνθήκες εσωτερικού χώρου (RH=50%)			Υγρές ατμοσφαιρικές συνθήκες υπαίθρου (RH=80%)		
1	5.50	4.60	3.70	3.60	3.20	2.90
7	3.90	3.10	2.60	2.60	2.30	2.00
28	3.00	2.50	2.00	1.90	1.70	1.50
90	2.40	2.00	1.60	1.50	1.40	1.20
365	1.80	1.50	1.20	1.10	1.00	1.00

$\varepsilon_{cs}(t_\infty, t_0) \cdot 10^3$			
Θέση του στοιχείου	Σχετική υγρασία (%)	Ιδεατό μέγεθος $2 \cdot A_c / u$ σε mm	
		≤ 150	≥ 600
Εσωτερικός χώρος	50	-0.60	-0.50
Υπαίθριος	80	-0.33	-0.28

RH = σχετική υγρασία.

A_c είναι το εμβαδόν της διατομής του στοιχείου και u είναι η περίμετρος της διατομής σε επαφή με την ατμόσφαιρα.

Στην περίπτωση κιβωτοειδούς διατομής ή διατομής με διάκενα της οποίας το εσωτερικό συγκοινωνεί με την ελεύθερη ατμόσφαιρα, το u θα περιλαμβάνει και την εσωτερική περίμετρο.

Για ενδιάμεσα μεγέθη, μεταξύ 150 και 600 mm, μπορεί να γίνεται γραμμική παρεμβολή στις τιμές του Πίνακα.

Για τάσεις $\sigma_c < 0.50 \cdot f_{ck}$, γίνονται οι εξής παραδοχές:

- Οι ερπυστικές παραμορφώσεις συνδέονται γραμμικά με τις τάσεις.
- Οταν η επιβαλλόμενη τάση μεταβάλλεται κατά διαστήματα, οι ερπυστικές παραμορφώσεις που αντιστοιχούν στο διάστημα επιβολής κάθε τιμής της τάσης προστίθενται.

2.5.5 Συντελεστής θερμικής διαστολής

Ο συντελεστής θερμικής διαστολής του σκυροδέματος μπορεί να λαμβάνεται ίσος με $10 \cdot 10^{-6}$ ανά °C.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΧΑΛΥΒΑ

3.1 ΧΑΛΥΒΑΣ ΩΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

3.1.1 Γενικά

Τα μηχανικά και τεχνολογικά χαρακτηριστικά των χαλύβων που χρησιμοποιούνται στο ωπλισμένο σκυρόδεμα καθορίζονται από πρότυπα και/ή εγκριτικές αποφάσεις ή πιστοποιητικά συμμόρφωσης.

Οι χάλυβες που καλύπτονται από τον Κανονισμό αυτόν μπορούν να διακριθούν ως εξής:

α) σύμφωνα με τη μέθοδο της παραγωγής. Οι ακολουθούμενες μέθοδοι παραγωγής είναι:

- θερμή έλαση, δίχως καμιά περαιτέρω επεξεργασία
- θερμή έλαση, η οποία ακολουθείται από μία άμεση εν σειρά θερμική κατεργασία

- ψυχρή κατεργασία με στρέψη ή με όλκηση (συρματοποίηση) του αρχικού προϊόντος που προέρχεται από θερμή έλαση

β) σύμφωνα με τη μορφή της επιφάνειας σε:

- λείες κυλινδρικές ράβδους ή σύρματα (και συγκολλητά δομικά πλέγματα)
- ράβδους ή σύρματα υψηλής συνάφειας (και συγκολλητά δομικά πλέγματα), με νευρώσεις (νευροχάλυβες)

γ) σύμφωνα με τη συγκολλησιμότητα σε:

- χάλυβες συγκολλήσιμους υπό προϋποθέσεις
- χάλυβες συγκολλήσιμους

3.1.2 Διατομή υπολογισμών

Οι υπολογισμοί πρέπει να βασίζονται στην ονομαστική διατομή που καθορίζεται από την ονομαστική διάμετρο.

3.1.3 Χαρακτηριστική αντοχή

Χαρακτηριστική αντοχή f_{yk}, θεωρείται εκείνη η τιμή του ορίου διαρροής f_y ή του συμβατικού ορίου διαρροής $f_{0.2}$ (που αντιστοιχεί σε παραμένουσα παραμόρφωση 0.2%) κάτω της οποίας υπάρχει 5% πιθανότητα να βρεθεί η τιμή αντοχής ενός τυχαίου δοκιμίου. Εάν ο παραγωγός χάλυβα εγγυάται μία ελάχιστη τιμή για το f_y ή $f_{0.2}$ η τιμή αυτή μπορεί να θεωρηθεί ως χαρακτηριστική.

Οι χάλυβες που χρησιμοποιούνται στο ωπλισμένο σκυρόδεμα διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

Χάλυβες υψηλής πλαστιμότητας (H), όταν:

$\varepsilon_{uk} > 5.0\%$ .... (3.1α)

και

$(f_t / f_y)_k > 1.08$ .... (3.1β)

Χάλυβες συνήθους πλαστιμότητας (N), όταν:

$\varepsilon_{uk} > 2.5\%$ .... (3.2α)

και

$(f_t / f_y)_k > 1.05$ .... (3.2β)

όπου:

ε_{uk} χαρακτηριστική τιμή της ανηγμένης παραμόρφωσης υπό το μέγιστο φορτίο, που ειδικώς για αυτήν την παράμετρο εκτιμάται με πιθανότητα υπέρβασης 10% αντί της συνήθους 5%,

f_{tk} χαρακτηριστική τιμή της εφελκυστικής αντοχής.

Η μελέτη πρέπει να βασίζεται σε κατηγορία χάλυβα που αντιστοιχεί σε καθορισμένη τιμή χαρακτηριστικής αντοχής f_{yk}.

3.1.4 Οπλισμοί υψηλής συνάφειας (νευροχάλυβες)

Οι οπλισμοί υψηλής συνάφειας πρέπει όσον αφορά τις νευρώσεις να πληρούν τις συνθήκες και απαιτήσεις των σχετικών προτύπων.

3.1.5 Συγκολλητά δομικά πλέγματα

Όταν η παρουσία εγκάρσιων συγκολλημένων ράβδων λαμβάνεται υπόψη κατά τον υπολογισμό του μήκους αγκυρώσεως (παρ. 17.6.1), τότε κάθε συγκόλληση πρέπει να μπορεί να αναλάβει τέμνουσα δύναμη ίση με $0.30 f_{yk} A_s$, όπου A_s είναι η διατομή της μεγαλύτερης από τις ράβδους που συγκολλούνται.

3.1.6 Παραμορφώσεις

3.1.6.1 Διαγράμματα τάσεων - παραμορφώσεων

Τα πραγματικά διαγράμματα τάσεων - παραμορφώσεων μπορούν να αντικατασταθούν με διγραμμικά ή τριγραμμικά διαγράμματα, διαλεγμένα έτσι ώστε η απλοποίηση αυτή να δίνει προσεγγίσεις υπέρ της ασφάλειας.

3.1.6.2 Μέτρο ελαστικότητας E_s

Για όλους τους χάλυβες ωπλισμένου σκυροδέματος το μέτρο ελαστικότητας μπορεί να ληφθεί ίσο με 200 GPa.

3.1.6.3 Συντελεστής θερμικής διαστολής

Ο συντελεστής θερμικής διαστολής του χάλυβα μπορεί να λαμβάνεται ίσος με $10 \cdot 10^{-6}$ ανά °C.

3.1.7 Συγκολλησιμότητα

Βλέπε παρ. 19.3.2.

3.2 ΧΑΛΥΒΑΣ ΠΡΟΕΝΤΑΣΗΣ

3.2.1 Γενικά

Οι μηχανικές και φυσικές ιδιότητες των χαλύβων προέντασης καθορίζονται από πιστοποιητικά.

Οι χάλυβες προέντασης που καλύπτονται από τον Κανονισμό αυτό είναι δυνατόν να περιγραφούν ως ακολούθως:

α) Σύμφωνα με την κατεργασία:

α.1) θερμή κατεργασία

- χάλυβες ειδικής κατεργασίας,
- χάλυβες σκληρυμένοι με βαφή,

α.2) μηχανική κατεργασία

- χάλυβες ψυχρής κατεργασίας με διέλκυση ή εξέλαση
- χάλυβες ψυχρής κατεργασίας με συστροφή ή έλξη.

Οι κατεργασίες αυτές μπορούν να συμπληρωθούν με γήρανση και σταθεροποίηση.

β) Σύμφωνα με τον τύπο:

- σύρματα και ράβδοι,
- συρματόσχοινα ή καλώδια,

γ) Σύμφωνα με τη μορφή:

- σύρματα ή ράβδοι λείες και κυκλικές (τα σύρματα μπορούν να είναι ίσια ή πλεγμένα),
- σύρματα ή ράβδοι με νευρώσεις κυκλικές ή μη κυκλικές.

3.2.2 Διατομή υπολογισμού

Οι υπολογισμοί πρέπει να βασίζονται στην ονομαστική διατομή, η οποία για τα σύρματα ή τις ράβδους καθορίζεται από την ονομαστική τους διάμετρο, ενώ για τα συρματόσχοινα ή τα καλώδια από τις ονομαστικές διατομές των συρμάτων ή των ράβδων που τα συνθέτουν.

3.2.3 Χαρακτηριστική αντοχή

Ο ορισμός της χαρακτηριστικής αντοχής δίνεται στην παρ. 3.1.3.

Η τιμή $f_{0.2}$ μπορεί να αντικατασταθεί από την τιμή $f_{0.1}$ (που αντιστοιχεί σε παραμένουσα παραμόρφωση 0.1%).

Κανονικά η κατηγορία ενός χάλυβα προέντασης πρέπει να προδιαγράφεται με βάση το χαρακτηριστικό όριο διαρροής ($f_{p0.2k}$ ή $f_{p0.1k}$) και την χαρακτηριστική του εφελκυστική αντοχή f_{ptk}.

Για την εφελκυστική αντοχή f_{ptk}, που προσδιορίζεται από τις δοκιμές εφελκυσμού, πρέπει να ισχύουν οι σχέσεις:

$$f_{ptk} \geq 1.10 \cdot f_{0.2k} \qquad (3.3)$$

$$f_{ptk} \geq 1.05 \cdot f_{0.2,obs} \qquad (3.4)$$

όπου $f_{0.2,obs}$ είναι το όριο διαρροής όπως προκύπτει από αυτές τις δοκιμές.

3.2.4 Χαρακτηριστικά συνάφειας

Το μήκος αγκύρωσης λ_{bp} που απαιτείται για να εξασφαλισθεί η μεταβίβαση της δύναμης προέντασης στο σκυρόδεμα μετά την απελευθέρωση των άκρων των τενόντων (προεντεταμένη κλίνη, προτανυόμενοι τένοντες, βλ. παρ. 4.1), πρέπει να προσδιορίζεται είτε βάσει των τιμών που περιλαμβάνονται στα πιστοποιητικά του χάλυβα προέντασης προσαρμοσμένων, εάν χρειάζεται, στις συνθήκες εφαρμογής, είτε μέσω δοκιμών που να εξομοιώνουν τις συνθήκες εφαρμογής.

Κατά τον έλεγχο οριακών καταστάσεων ρηγμάτωσης, οι προεντεταμένοι τένοντες μπορούν να θεωρηθούν ως οπλισμοί υψηλής συνάφειας υπό την προϋπόθεση ότι πληρούν τα κριτήρια της παρ. 3.1.4.

3.2.5 Διατάξεις αγκυρώσεων

Τα πιστοποιητικά των χαλύβων προέντασης δίνουν στοιχεία σχετικά με τις διατάξεις αγκυρώσεων. Εάν οι παραδοχές της μελέτης ή οι συνθήκες εφαρμογής διαφέρουν από εκείνες που προβλέπονται στα πιστοποιητικά, είναι απαραίτητο να γίνονται συμπληρωματικοί έλεγχοι.

3.2.6 Παραμορφώσεις

3.2.6.1 Διαγράμματα τάσεων - παραμορφώσεων

Τα διαγράμματα τάσεων - παραμορφώσεων λαμβάνονται από τα σχετικά πιστοποιητικά των χαλύβων.

3.2.6.2 Μέτρο ελαστικότητας E_s

Για όλους τους χάλυβες προέντασης το μέτρο ελαστικότητας μπορεί να ληφθεί ίσο με 200 GPa.

3.2.6.3 Συντελεστής θερμικής διαστολής

Ο συντελεστής θερμικής διαστολής των χαλύβων προέντασης λαμβάνεται ίσος με $10 \cdot 10^{-6}$ ανά °C.

3.2.6.4 Χαλάρωση

Οι τιμές της χαλάρωσης που θα ληφθούν υπόψη για τον υπολογισμό της τελικής δύναμης προεντάσεως μπορούν να προσδιορισθούν:

- βάσει των δεδομένων που περιέχονται στα πιστοποιητικά, ή
- από αποτελέσματα αξιόπιστων δοκιμών χαλάρωσης, ή
- όταν κρίνεται ότι τα διατιθέμενα στοιχεία δεν είναι αξιόπιστα ή επαρκή (π.χ. τιμές βασιζόμενες σε δοκιμές μικρής διάρκειας), τότε μπορούν να ληφθούν υπόψη κατάλληλες τιμές της χαλάρωσης, οι οποίες δίνονται στην διεθνή βιβλιογραφία για τις συνήθεις περιπτώσεις.

3.2.7 Ολκιμότητα

Οι χρησιμοποιούμενοι χάλυβες προέντασης πρέπει να έχουν επαρκή ολκιμότητα ώστε να είναι δυνατή η ανακατανομή εντάσεως.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΕΝΤΑΣΗ

4.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΕΝΤΑΣΗΣ

- *Προένταση μετά από την σκλήρυνση του σκυροδέματος (Προένταση):* Οι τένοντες (σύρματα, ράβδοι ή συρματόσχοινα, καλώδια) τοποθετούνται μέσα σε σωλήνες και αγκυρώνονται κατάλληλα στα άκρα τους. Οι συνθήκες εφαρμογής συστημάτων αυτής της μεθόδου προέντασης καθορίζονται από τα πιστοποιητικά των συστημάτων προεντάσεως.
- *Προένταση πριν από την έγχυση του σκυροδέματος (Προεντεταμένη κλίνη, προτανυόμενοι τένοντες):* Οι τένοντες (σύρματα ή συρματόσχοινα) βρίσκονται σε άμεση επαφή με το σκυρόδεμα και αγκυρώνονται μέσω συνάφειας.

4.2 ΑΡΧΙΚΗ ΠΡΟΕΝΤΑΣΗ

Η αρχική τάση του τένοντα, μετά την απομάκρυνση των γρύλων και αφού λειτουργήσουν οι αγκυρώσεις, δεν θα πρέπει να υπερβαίνει την μικρότερη από τις επόμενες δύο τιμές:

$$\sigma_{p0} = 0.65 \cdot f_{ptk} \quad (4.1)$$

$$\sigma_{p0} = 0.75 \cdot f_{p0.1k} \quad (4.2)$$

Η ελάχιστη απαιτούμενη αντοχή σκυροδέματος κατά την στιγμή της προέντασης, ώστε να αποφεύγεται ο κίνδυνος υποχώρησης των σωμάτων αγκύρωσης, δίδεται στα πιστοποιητικά των διαφόρων συστημάτων προέντασης.

Εφόσον υπάρχει ολίσθηση των τενόντων στις θέσεις αγκυρώσεώς τους και μέσα στο μήκος επιρροής της ολίσθησης, οι μέγιστες τάσεις στον γρύλο μπορούν να ληφθούν κατά την στιγμή της προέντασης ίσες με:

$$\sigma_{p0,max} = 0.70 \cdot f_{ptk} \quad (4.3)$$

$$\sigma_{p0,max} = 0.80 \cdot f_{p0.1k} \quad (4.4)$$

4.3 ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΠΡΟΕΝΤΑΣΗΣ

4.3.1 Γενικά

Για δεδομένη ηλικία του σκυροδέματος, οι απώλειες προέντασης σε μία διατομή (σε σχέση με τη μέγιστη τάση στο γρύλο προέντασης), ισούται με το άθροισμα:

- των απωλειών πριν από την προένταση του σκυροδέματος (παρ. 4.3.2),
- των μειώσεων (παρ. 4.3.3) και
- των χρόνιων απωλειών (παρ. 4.3.4).

Η εκτίμηση των απωλειών βασίζεται γενικά στη χρησιμοποίηση μέσων τιμών των βασικών δεδομένων.

4.3.2 Απώλειες πριν από την προένταση του σκυροδέματος (Προεντεταμένη κλίνη)

Οι παρακάτω απώλειες πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στους υπολογισμούς:

- απώλειες λόγω τριβής στις διαμορφώσεις των καμπυλών (στην περίπτωση καμπύλων τενόντων), καθώς και στις απώλειες λόγω ολίσθησης στις αγκυρώσεις της προεντεταμένης κλίνης,
- απώλειες λόγω χαλάρωσης του χάλυβα των τενόντων (που θεωρούνται ότι είναι εκτεθειμένοι) κατά τη χρονική περίοδο μεταξύ έντασης των τενόντων και εφαρμογής της προέντασης στο σκυρόδεμα.

4.3.3 Μειώσεις

4.3.3.1 Μειώσεις λόγω ελαστικής παραμόρφωσης του σκυροδέματος

Πρέπει να ληφθεί υπόψη η μείωση προέντασης λόγω βράχυνσης του σκυροδέματος η οποία προκύπτει:

- στην περίπτωση προτάνυσης ως αποτέλεσμα της δράσης των τενόντων όταν ελευθερώνονται από τις αγκυρώσεις τους,
- στην περίπτωση προέντασης ως αποτέλεσμα του προγράμματος τάνυσης των τενόντων.

4.3.3.2 Μειώσεις λόγω τριβής (Προένταση)

Η τάση του τένοντα, $\sigma_{p0}(x)$, σε μια διατομή που βρίσκεται σε απόσταση x από την ενεργό αγκύρωση είναι μειωμένη σε σχέση με την τάση $\sigma_{p0,max}(x=0)$, στη θέση της αγκύρωσης, κατά τις μειώσεις λόγω τριβής. Η τάση στην θέση x μπορεί να υπολογισθεί μέσω της ακόλουθης σχέσης:

$$\sigma_{p0}(x)=\sigma_{p0,max}(x=0)\cdot \exp(-\mu(\alpha+k\cdot x)) \quad (4.5)$$

όπου:

μ συντελεστής τριβής μεταξύ τένοντα και σωλήνα,

α άθροισμα των απολύτων τιμών των γωνιακών εκτροπών του τένοντα από τη θέση 0 μέχρι την θέση x, μετρούμενων σε ακτίνια (χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η διεύθυνση ή το πρόσημό τους),

k αθέλητη γωνιακή εκτροπή (ακτίνια ανά μονάδα μήκους) από την ακριβή χάραξη των τενόντων.

Στα πιστοποιητικά των διαφόρων συστημάτων προέντασης δίνονται τιμές για το μ και το k.

Λίπανση επιτρέπεται μόνο με λιπαντικά για τα οποία υπάρχει εγκριτική απόφαση, ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος βλάβης του αλκαλικού περιβάλλοντος των τενόντων.

4.3.3.3 Μειώσεις λόγω ολίσθησης στις αγκυρώσεις (Προένταση)

Πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η ολίσθηση του τένοντα κατά τη στιγμή της σφήνωσης, καθώς και η παραμόρφωση της αγκύρωσης.

4.3.3.4 Άλλες μειώσεις

Πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και όλα τα άλλα πιθανά αίτια μειώσεων που οφείλονται στην μέθοδο ή στον εξοπλισμό της προέντασης.

4.3.4 Χρόνιες απώλειες λόγω ερπυσμού και συστολής ξήρανσης του σκυροδέματος και χαλάρωσης του χάλυβα

Ο υπολογισμός των χρόνιων απωλειών λόγω ερπυσμού και συστολής ξήρανσης του σκυροδέματος και χαλάρωσης του χάλυβα πρέπει να λαμβάνει υπόψη την αλληλεξάρτηση των φαινομένων.

4.4 ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ

4.4.1 Υπολογισμός απωλειών προέντασης

Για τις περισσότερες περιπτώσεις αρκεί ο υπολογισμός των τιμών της προέντασης σε δύο χρονικές περιόδους:

- τη στιγμή της εφαρμογής της προέντασης στο σκυρόδεμα (t=0),
- μετά από μεγάλη χρονική περίοδο (t=∞).

Κατά τον υπολογισμό των τιμών της προέντασης στη διατομή x λαμβάνονται υπόψη οι ακόλουθες απώλειες:

Για t=0: Οι μειώσεις (παρ. 4.3.3) στις οποίες, στην περίπτωση προεντεταμένης κλίνης, προστίθενται και οι απώλειες πριν από την προένταση του σκυροδέματος (παρ. 4.3.2) το άθροισμα των απωλειών αυτών συμβολίζεται με $\Delta P_0(x)$.

Για t=∞: Οι προηγούμενες απώλειες $\Delta P_0(x)$ αυξημένες κατά τις χρόνιες απώλειες $\Delta P_\infty(x)$ (παρ. 4.3.4).

4.4.2 Τιμές της προέντασης εισαγόμενες στους υπολογισμούς

Για τις συνηθέστερες περιπτώσεις αρκεί να ληφθεί υπόψη μόνο μια αντιπροσωπευτική τιμή προέντασης. Η τιμή αυτή ισούται με την μέση τιμή σε χρόνο t για την υπόψη διατομή x:

$$P_{mt}(x) = P_0 - (\Delta P_0(x) + \Delta P_t(x)) \quad (4.6)$$

όπου:

P_0 αρχική προένταση κατά την στιγμή t=0 εφαρμοζόμενη στο άκρο (x=0),

$\Delta P_t(x)$ χρόνιες απώλειες σε χρόνο t στη διατομή x.

4.5 ΕΙΔΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΠΡΟΕΝΤΑΣΗΣ

Η προένταση γενικά προκαλεί:

α) τοπικά φαινόμενα στην περιοχή των αγκυρώσεων και στα σημεία όπου οι τένοντες αλλάζουν διεύθυνση,

β) «ισοστατικές» επιρροές σε ισοστατικούς φορείς,

γ) «ισοστατικές» και «υπερστατικές» επιρροές σε υπερστατικούς φορείς.

4.5.1 Διανομή της δύναμης προέντασης

α) Προένταση μετά από την σκλήρυνση του σκυροδέματος

Σε περίπτωση ενός στοιχείου με μεγάλο πλάτος, γίνεται η παραδοχή ότι η δύναμη προέντασης διανέμεται πέραν της αγκύρωσης υπό γωνία 2β, όπου $\tan(\beta) = 2/3$ $(\beta \cong 34°)$.

Σε περίπτωση πλακοδοκού γίνεται η παραδοχή ότι η δύναμη προέντασης διανέμεται:

- πάνω στο μέσο επίπεδο του κορμού, εντός γωνίας 2β ξεκινώντας από την αγκύρωση,
- στο μέσο επίπεδο του άνω πέλματος, υπό γωνία β εκατέρωθεν του κορμού, από το σημείο όπου η διανομή στον κορμό φθάνει στο πέλμα.

β) Προένταση πριν από την έγχυση του σκυροδέματος

Η εφελκυστική τάση σε έναν προτανυόμενο τένοντα υποτίθεται ότι λαμβάνει την τιμή σχεδιασμού της σε απόσταση λ_{bpd} από το άκρο.

Η απόσταση αυτή ισούται με $0.80 \cdot \lambda_{bp}$ ή με $1.20 \cdot \lambda_{bp}$, ανάλογα με το ποια από αυτές τις δύο τιμές είναι δυσμενέστερη για το υπό εξέταση εντατικό μέγεθος (λ_{bp} είναι το μήκος αγκύρωσης, όπως ορίσθηκε στην παρ. 3.2.4).

Ως μήκος ανάπτυξης της προέντασης ορίζεται η απόσταση μεταξύ του άκρου του τένοντα και μίας διατομής πέραν της οποίας η διανομή των ορθών τάσεων λόγω προέντασης θεωρείται γραμμική, σε όλο το ύψος της διατομής.

Για ορθογωνική διατομή με ευθύγραμμους τένοντες στο κάτω μέρος της διατομής, μπορεί να θεωρηθεί ότι το μήκος ανάπτυξης της προέντασης είναι:

$$\lambda_{p,ef} = \sqrt{(0.80\,\lambda_{bpd})^2 + h^2} > \lambda_{bpd}$$

όπου h είναι το ύψος της διατομής.

Σημειώνεται ότι κατά τον έλεγχο της αγκύρωσης πρέπει να ληφθεί υπόψη το μέγεθος του μήκους μεταθέσεως του διαγράμματος ροπών κάμψεως (παρ. 11.2.4). Για πλακοδοκούς μπορεί να υιοθετηθεί ο κανόνας διανομής προέντασης που εφαρμόζεται στην περίπτωση προέντασης μετά από την σκλήρυνση του σκυροδέματος.

4.5.2 Τένοντες χωρίς συνάφεια

Αυτή η περίπτωση μπορεί να αφορά:

προσωρινώς μεν τένοντες οι οποίοι πρόκειται να συνδεθούν με το σκυρόδεμα μέσω τσιμεντενέματος (οι τένοντες υπάγονται σε αυτήν την κατηγορία πριν από την ενεργοποίηση της σύνδεσής τους με το σκυρόδεμα),

μονίμως δε τένοντες για τους οποίους δεν προβλέπεται σύνδεση των τενόντων με το σκυρόδεμα (προένταση χωρίς σύνδεση).

Κατά κανόνα η δύναμη προέντασης που επιβάλλεται μέσω τενόντων χωρίς συνάφεια, θεωρείται τμήμα των δράσεων.

4.5.3 Τένοντες με συνάφεια

Ο τρόπος με τον οποίον επιδρά η προένταση ως τμήμα των δράσεων ή ως μέρος της αντίστασης μίας διατομής μεταβάλλεται με την αύξηση των δράσεων. Αυτό το δεδομένο πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τον καθορισμό των επί μέρους συντελεστών γ_p ή γ_m αντιστοίχως.

Έτσι,

1) Στις ισοστατικές επιρροές, η προένταση λαμβάνεται υπόψη σε μια διατομή ως:

   α) τμήμα της εσωτερικής αντοχής, όταν η παραμόρφωση των τενόντων είναι μεγαλύτερη από $\varepsilon_{p0.1d}$ (παραμόρφωση ίση με $f_{p0.1k} / \gamma_s \cdot E_s$). Αυτή η περίπτωση θα πρέπει να εξετάζεται:

   - στους διαμήκεις τένοντες, κατά τον έλεγχο των οριακών καταστάσεων αντοχής έναντι ορθών δράσεων (Κεφ.10) και λυγισμού (Κεφ.14).
   - στον κατακόρυφο προεντεταμένο διατμητικό οπλισμό, κατά τον έλεγχο των οριακών καταστάσεων αντοχής έναντι τεμνουσών δυνάμεων (Κεφ.11) και στρέψης (Κεφ.12).

   β) τμήμα των εξωτερικών δράσεων, όταν η επιμήκυνση των τενόντων είναι μικρότερη από την ε_{pd} (και συνεπώς οι τένοντες βρίσκονται στην ελαστική περιοχή).

2) Στις υπερστατικές επιρροές, επειδή αυτές επηρεάζονται ελάχιστα από την εξέλιξη της φόρτισης, η προένταση λαμβάνεται πάντοτε ως τμήμα των εξωτερικών δράσεων.

Για την εφαρμογή των παραπάνω διατάξεων, η διαδικασία που πρέπει να υιοθετηθεί δίνεται στον Πίνακα 4.1. Οι απαιτούμενοι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας γ_f και γ_m, καθώς και οι συντελεστές συνδυασμών δράσεων, ψ, λαμβάνονται σύμφωνα με το Κεφ. 6.

Πίνακας 4.1: Εισαγωγή της προέντασης στους υπολογισμούς

Επιρροές λόγω προέντασης P	Εξεταζόμενη οριακή κατάσταση	Τμήμα των εξωτερικών δράσεων	Τμήμα της αντοχής
Ισοστατικές	Λειτουργικότητα	Πάντοτε	--
	Αστοχία	Όταν $\varepsilon_p < \varepsilon_{p0.1d}$ (*)	Όταν $\varepsilon_p \geq \varepsilon_{p0.1d}$
Υπερστατικές (*)	Λειτουργικότητα και αστοχία	Πάντοτε	--

ε_p ανηγμένη παραμόρφωση προεντεταμένου τένοντα

$\varepsilon_{p0.1d}$ ανηγμένη παραμόρφωση που αντιστοιχεί σε τάση $\sigma_p = f_{p0.1k} / \gamma_m$, $\gamma_m = \gamma_s$

(*) μόνο το υπερστατικό τμήμα της έντασης λόγω προέντασης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΚΑΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

5.1 ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΔΙΑΡΚΕΙΑ, ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗ

Για να εξασφαλιστεί η ανθεκτικότητα σε διάρκεια μιας κατασκευής, θα πρέπει να ληφθούν κατάλληλα υπόψη οι ακόλουθοι παράγοντες:

- τα κριτήρια σχεδιασμού,
- η πιθανολογούμενη χρήση, συντήρηση και επιθεώρηση, κατά τη διάρκεια της ζωής του έργου,
- τα τυχόν ειδικά προστατευτικά μέτρα,
- η μορφολογία των δομικών στοιχείων και οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες,
- η σύνθεση, οι ιδιότητες και η συμπεριφορά των υλικών,
- οι συνθήκες περιβάλλοντος.

Ειδικότερα, οι συνθήκες περιβάλλοντος που θα επικρατούν κατά την ενεργό ζωή της κατασκευής, θα πρέπει να εκτιμηθούν κατά τον σχεδιασμό του έργου έτσι ώστε να είναι δυνατή η αξιολόγηση της σπουδαιότητάς των σε σχέση με την ανθεκτικότητα σε διάρκεια και να προβλέπονται τα κατάλληλα μέτρα. Βασικό μεταξύ των μέτρων αυτών είναι το

μέγεθος της εκ σκυροδέματος επικαλύψεως των οπλισμών (καθώς και η ελάχιστη διάμετρος των ράβδων οπλισμού, σύμφωνα με το Κεφ. 18).

Ορίζονται 4 κατηγορίες συνθηκών περιβάλλοντος ως εξής:

Κατηγορία 1: Ελάχιστα διαβρωτικό περιβάλλον.

Κατηγορία 2: Μετρίως διαβρωτικό περιβάλλον.

Κατηγορία 3: Παραθαλάσσιο περιβάλλον. Παραθαλάσσιες περιοχές (απόσταση από την ακτή (≤ 1km).

Κατηγορία 4: Πολύ διαβρωτικό περιβάλλον. Βιομηχανικές ζώνες, χώροι με υψηλή περιεκτικότητα σε χημικά προϊόντα (αέρια, υγρά, στερεά).

Η ελάχιστη απόσταση μεταξύ οποιουδήποτε οπλισμού και της πλησιέστερης επιφάνειας σκυροδέματος (επικάλυψη) δίνεται στον Πίνακα 5.1.

Η ονομαστική τιμή c_{nom} της επικάλυψης σκυροδέματος πρέπει να είναι μεγαλύτερη κατά 5 έως 10 mm της ελάχιστης c_{min}.

Πίνακας 5.1: Ελάχιστες επικαλύψεις σε mm (c_{min})

Τιμές c_{min}				Διόρθωση για:		
Κατηγορία συνθηκών περιβάλλοντος				Πλάκες ή κελύφη	Προτανυόμενους τένοντες	Προεντεταμένους τένοντες
1	2	3	4	-5	+5	+10
20	25	30	30-45*			

* Αναλόγως της διαβρωτικότητας του μέσου. Για προσβολή κατά την παρ.12.4 του Κ.Τ.Σ. ισχύει c_{min} = 30,35,40 και 45mm για ασθενή, μέτριο, ισχυρό και πολύ ισχυρό βαθμό προσβολής, αντιστοίχως.

Η τελική τιμή της ελάχιστης επικάλυψης δεν επιτρέπεται να είναι μικρότερη από 15 mm ή από (Ø + 10 mm ή 20 mm) για κατηγορίες συνθηκών περιβάλλοντος 1/2 ή 3/4, αντιστοίχως, όπου Ø (ή $Ø\sqrt{n}$) η διάμετρος ράβδου οπλισμού (ή η ισοδύναμη διάμετρος δέσμης ράβδων).

Για σκυροδετήσεις εν επαφή με συνήθη εδάφη η ελάχιστη επικάλυψη είναι:

- για απευθείας σκυροδέτηση σε μη διαμορφωμένο έδαφος 75mm
- για σκυροδέτηση επί διαμορφωμένου εδάφους, με στρώση σκυροδέματος καθαριότητας, 40mm.

Για υποθαλάσσια έργα ή έργα που διαβρέχονται / καταιονίζονται με θαλασσινό νερό, η ελάχιστη επικάλυψη είναι 40 mm.

Για σκυροδέματα με αδρανή μεγίστου κόκκου > 31.5 mm, η ελάχιστη επικάλυψη αυξάνεται κατά 5mm, για $c_{min} \leq 30\text{mm}$.

Για ειδικά έργα (π.χ. σταθμοί αφαλατώσεως ή έργα όπου το σκυρόδεμα έρχεται σε επαφή με νερά ή εδάφη με υψηλές συγκεντρώσεις χλωριόντων ή θειοϊόντων) θα γίνεται ειδική μελέτη (βλ. παρ. 12.4 Κ.Τ.Σ.).

5.2 ΑΝΟΧΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ

Τα οικοδομικά έργα (εκτός αν ισχύει άλλη ειδική προδιαγραφή) πρέπει να ικανοποιούν τις παρακάτω απαιτήσεις ανοχών, οι οποίες αντιστοιχούν σε μία πιθανή απόκλιση Δλ μιας διάστασης λ σε σχέση με την ονομαστική της τιμή:

α) Ανοχές διαστάσεων διατομών σκυροδέματος (ύψος δοκού ή πλάκας, πλάτος δοκού, διαστάσεις διατομής υποστυλώματος και τοιχώματος) και στατικών υψών:

$\lambda \leq 150$ mm : $\Delta\lambda = \pm 10$ mm .... (5.1)

$\lambda = 400$ mm : $\Delta\lambda = \pm 20$ mm .... (5.2)

$\lambda \geq 2500$ mm : $\Delta\lambda = \pm 30$ mm .... (5.3)

με γραμμική παρεμβολή για ενδιάμεσες τιμές του λ (λ=b, d ή h κατά περίπτωση).

β) Ανοχές μήκους δοκού ή πλάκας ή ύψους υποστυλωμάτων και τοιχωμάτων μεταξύ διαδοχικών ορόφων

$\Delta\lambda = \pm 0.05\,\lambda \leq \pm 250$ mm

γ) Ανοχές απόκλισης υποστυλωμάτων και τοιχωμάτων από την κατακόρυφο (γωνία Δα σε ακτίνια):

μεταξύ δύο συνεχόμενων ορόφων

$\Delta\alpha = 0.0040$ .... (5.4)

για το συνολικό ύψος του υποστυλώματος (απόκλιση της ευθείας που ενώνει την κορυφή με τη βάση του):

$\Delta\alpha = 0.0040$ .... (5.5)

δ) Ανοχές απόκλισης της συνισταμένης των δυνάμεων προέντασης από την ονομαστική της θέση:

$\lambda \leq 200$ mm

για τένοντες οι οποίοι είναι τμήματα δέσμης τενόντων, για μεμονωμένους τένοντες και για δέσμες τενόντων:

$\Delta\lambda = \pm 0.025\,\lambda \leq \pm 10$ mm .... (5.6)

$\lambda > 200$ mm

για τένοντες οι οποίοι είναι τμήματα δέσμης τενόντων και για μεμονωμένους τένοντες

$$\Delta\lambda = \pm\, 0.025\, \lambda \;\leq\; \pm\, 20\ \text{mm} \qquad (5.7)$$

για δέσμες τενόντων

$$\Delta\lambda = \pm\, 0.04\, \lambda \;\leq\; \pm\, 30\ \text{mm} \qquad (5.8)$$

όπου λ είναι η εκάστοτε εξεταζόμενη διάσταση του στοιχείου.

Οι απαιτήσεις ανοχών θεωρείται ότι έχουν ικανοποιηθεί αν οι ανοχές που προδιαγράφονται σε αυτήν την παράγραφο δεν έχουν ξεπερασθεί εις βάρος της ασφάλειας σε περισσότερο από το 20% των δομικών στοιχείων.

Όταν οι απαιτήσεις ελάχιστων ανοχών δεν ικανοποιούνται, πρέπει να γίνει συμπληρωματική μελέτη, η οποία να λαμβάνει υπόψη τις υπάρχουσες ανοχές (εφόσον η επιρροή τους είναι δυσμενής).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

6.1 ΓΕΝΙΚΑ

6.1.1 Μορφολογία δομικού συστήματος

Ο σχεδιασμός των κατασκευών βασίζεται καταρχήν στην μόρφωση ενός σαφούς δομικού συστήματος καλής μορφολογίας, τόσο στα επιμέρους δομικά στοιχεία, όσο και στο σύνολο.

Κατασκευές μη ευνοϊκής μορφολογίας πρέπει να αντιμετωπίζονται με ιδιαίτερη προσοχή και επιμέλεια, τόσο κατά την ανάλυση του δομικού συστήματος (με σκοπό τον αξιόπιστο προσδιορισμό των εντατικών μεγεθών), όσο και κατά τις λεπτομέρειες κατασκευής και όπλισης.

Κατά τον σχεδιασμό έναντι σεισμικών δράσεων πρέπει να εφαρμόζονται οι περί μορφολογίας διατάξεις του Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού (ΕΑΚ).

6.1.2 Αρχές σχεδιασμού

Ο σχεδιασμός ενός δομικού συστήματος γίνεται για να εξασφαλιστεί η αντοχή, η λειτουργικότητα και η ανθεκτικότητά του.

Για τον σκοπό αυτό εξετάζονται δύο κατηγορίες οριακών καταστάσεων, οι οριακές καταστάσεις αστοχίας και οι οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας (παρ. 6.2).

Ο έλεγχος στην οριακή κατάσταση αστοχίας γίνεται συγκρίνοντας ένα εντατικό μέγεθος από τις δράσεις σχεδιασμού S_d, με την αντίστοιχη αντίσταση σχεδιασμού R_d, δηλαδή με τη τιμή του ίδιου εντατικού μεγέθους που μπορεί να αναλάβει το δομικό στοιχείο.

$$S_d \leq R_d \qquad (6.1)$$

Στην οριακή κατάσταση λειτουργικότητας ελέγχεται το εύρος ρωγμής και ο περιορισμός των παραμορφώσεων και σε ορισμένες περιπτώσεις οι αναπτυσσόμενες τάσεις.

Οι δράσεις και οι αντιστάσεις σχεδιασμού καθορίζονται με την μέθοδο των επιμέρους συντελεστών ασφαλείας όπως στην παρ. 6.3.

6.1.3 Πλαστιμότητα (έναντι σεισμού)

Ο Κανονισμός αυτός αφορά δομικά στοιχεία φορέων από ωπλισμένο (ή και προεντεταμένο) σκυρόδεμα με ή χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας.

Φορείς χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας είναι αυτοί που σχεδιάζονται με μέγιστη τιμή συντελεστή σεισμικής συμπεριφοράς κατά ΕΑΚ ίση με:

$q^* = 1.5$ για τις περιπτώσεις α και β του Πίνακα 2.6.1. του ΕΑΚ,

$q^* = 1$ για την περίπτωση γ του Πίνακα 2.6.1. του ΕΑΚ.

Φορείς με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας είναι αυτοί που σχεδιάζονται με τιμή συντελεστή σεισμικής συμπεριφοράς μεγαλύτερη από την τιμή q^*:

Δομικά στοιχεία όπως:

Πλάκες εν γένει.

Στοιχεία υπογείων ορόφων εν γένει, περιλαμβανομένων και των στοιχείων θεμελίωσης.

Δευτερεύουσες δοκοί, δηλ. δοκοί που δεν εδράζονται απευθείας σε κατακόρυφα φέροντα στοιχεία.

Κόμβοι στους οποίους δεν συντρέχουν κατακόρυφα φέροντα στοιχεία.

θεωρούνται δομικά στοιχεία χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας, ασχέτως του αν ανήκουν σε φορείς με (ή χωρίς) αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας.

Από τον προηγούμενο Κανόνα εξαιρούνται τα τμήματα συμπαγών πλακών χωρίς δοκούς που συμμετέχουν σε συστήματα ισοδύναμων πλαισίων πλακών – στύλων μερικής ανάληψης οριζοντίων φορτίων, σύμφωνα με την παρ. 9.1.7.

6.2 ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

Ένας φορέας θεωρείται ότι δεν εκπληρώνει τον σκοπό για τον οποίο κατασκευάσθηκε, όταν φθάσει σε μία ειδική κατάσταση (που λέγεται «οριακή κατάσταση») όπου παύει να ανταποκρίνεται σε ένα από τα κριτήρια τα σχετικά με την αντοχή του ή την λειτουργικότητά του.

Οι οριακές καταστάσεις διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

α) Οριακές καταστάσεις αστοχίας, που αντιστοιχούν στη μέγιστη φέρουσα ικανότητα - αντοχή,

β) Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας, που συνδέονται με τα κριτήρια που διέπουν την κανονική χρήση.

6.2.1 Οριακές καταστάσεις αστοχίας

Οριακές καταστάσεις αστοχίας θεωρούνται οι ακόλουθες:

1. Απώλεια στατικής ισορροπίας ενός στοιχείου ή του συνόλου της κατασκευής θεωρούμενης ως στερεού σώματος (παρ. 6.5).

2. Μετατροπή του φορέα σε μηχανισμό (παρ. 8.3 και 9.1.4).

3. Οριακές καταστάσεις αντοχής σε κρίσιμες διατομές:

   α) έναντι ορθών εντατικών μεγεθών (ροπή κάμψης και/ ή αξονική δύναμη, βλ. Κεφάλαιο 10)

   β) έναντι διατμητικών καταπονήσεων, δηλαδή:

   - τέμνουσα (βλ. Κεφάλαιο 11)
   - στρέψη (βλ. Κεφάλαιο 12)
   - διάτρηση (βλ. Κεφάλαιο 13)
   - συνάφεια, αγκύρωση.

4. Οριακές καταστάσεις λυγισμού (βλ. Κεφάλαιο 14) και ύβωσης. Πρόκειται για οριακές καταστάσεις αστοχίας λόγω παραμόρφωσης του φορέα.

   Σε λυγισμό εξετάζονται οι γραμμικοί φορείς και σε ύβωση οι επιφανειακοί.

5. Οριακές καταστάσεις κόπωσης.

6.2.2 Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας

Οι οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας προέρχονται από:

1. Ρηγμάτωση ή και υπέρβαση τάσεων (βλ. Κεφάλαιο 15)

2. Παραμόρφωση (βλ. Κεφάλαιο 16)

6.3 ΤΙΜΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

6.3.1 Γενικά

Τιμή σχεδιασμού ονομάζεται η τιμή με την οποία οι δράσεις ή οι αντοχές εισάγονται στην βασική ανίσωση σχεδιασμού (6.1).

Οι τιμές σχεδιασμού S_d μιας δράσης προκύπτουν από τον πολλαπλασιασμό της αντιπροσωπευτικής της τιμής S_k επί τους επιμέρους συντελεστές ασφάλειας γ_f:

$$S_d = \gamma_f \cdot S_k \quad (6.2)$$

Οι τιμές σχεδιασμού R_d ενός μεγέθους αντοχής προκύπτουν από την διαίρεση της αντιπροσωπευτικής του τιμής R_k με τους επιμέρους συντελεστές ασφάλειας γ_m:

$$R_d = R_k / \gamma_m \quad (6.3)$$

6.3.2 Τιμές σχεδιασμού δράσεων

6.3.2.1 Ορισμοί

Οι δράσεις που ασκούνται σε μια κατασκευή μπορούν να είναι:

- δυνάμεις συγκεντρωμένες ή κατανεμημένες ή/και
- παρεμποδιζόμενες και επιβαλλόμενες παραμορφώσεις

που διακρίνονται σε μόνιμες, μεταβλητές και τυχηματικές.

6.3.2.2 Μόνιμες δράσεις

Στις μόνιμες δράσεις με αντιπροσωπευτική τιμή G_k περιλαμβάνονται:

- το ίδιο βάρος της φέρουσας κατασκευής υπολογιζόμενο βάσει των ονομαστικών διαστάσεων,
- το βάρος του οργανισμού πλήρωσης, των επιστρώσεων και επικαλύψεων και γενικά το βάρος κάθε πρόσθετης κατασκευής που θα παραμείνει μονίμως στο έργο,
- οι δράσεις που οφείλονται στην παρουσία υγρών (ή άλλων υλικών) με πρακτικά σταθερή στάθμη.

Οι αντιπροσωπευτικές τιμές της προέντασης P_k δίνονται στην παρ. 4.4. Οι τιμές σχεδιασμού G_d των μονίμων δράσεων δίνονται από τη σχέση:

$$G_d = \gamma_g \cdot G_k \quad (6.4)$$

Οι επιμέρους συντελεστές ασφάλειας γ_g των μονίμων δράσεων για τις εξεταζόμενες οριακές καταστάσεις δίνονται στον Πίνακα 6.1

Πίνακας 6.1: Επιμέρους συντελεστές ασφαλείας γ_g

Οριακές καταστάσεις	Συνδυασμοί	Επιρροή δράσης	
		δυσμενής	ευμενής
Αστοχίας	Βασικοί	1.35	1.00
	Τυχηματικοί	1.00	1.00
Λειτουργικότητας	Βασικοί	1.00	1.00

6.3.2.3 Μεταβλητές δράσεις

Οι αντιπροσωπευτικές τιμές των μεταβλητών δράσεων δίνονται από τους Κανονισμούς Φορτίσεων.

Για ειδικές κατασκευές άμεσα εκτεθειμένες στις περιβαλλοντικές δράσεις (άνεμος, χιόνι, θερμοκρασία) επιτρέπεται να χρησιμοποιηθούν, μετά από σύμφωνη γνώμη της Ελεγκτικής Αρχής, ακριβέστερες αντιπροσωπευτικές τιμές εφόσον υπάρχουν τα απαραίτητα στατιστικά στοιχεία.

Όταν δρουν ταυτόχρονα περισσότερες της μιας μεταβλητές δράσεις πρέπει να εξετάζονται κατάλληλοι συνδυασμοί δράσεων.

Οι τιμές σχεδιασμού Q_d των μεταβλητών δράσεων είναι:

- για τη δράση με την μεγαλύτερη επιρροή στην οριακή κατάσταση (κύρια δράση)

$$Q_d = \gamma_q \cdot Q_k \text{ ή } \gamma_q \cdot \psi_1 \cdot Q_k \quad (6.5)$$

- για όλες τις υπόλοιπες

$$Q_d = \gamma_q \cdot \psi_1 \cdot Q_k \text{ ή } \gamma_q \cdot \psi_2 \cdot Q_k \quad (6.6)$$

για τους βραχυχρόνιους (μάλλον σπάνιους) ή τους μακροχρόνιους (μάλλον συχνούς) συνδυασμούς αντιστοίχως.

Οι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας γ_q των μεταβλητών δράσεων για τις εξεταζόμενες οριακές καταστάσεις δίνονται στον Πίνακα 6.2.

Πίνακας 6.2: Επιμέρους συντελεστές ασφαλείας γ_q

Οριακές καταστάσεις	Συνδυασμοί	Επιρροή δράσης	
		Δυσμενής	Ευμενής
Αστοχίας	Βασικοί	1.50	0.00
	Τυχηματικοί	1.00	0.00
Λειτουργικότητας	Βασικοί	1.00	0.00

Οι συντελεστές συνδυασμού ψ είναι διαφορετικοί για τις διάφορες δράσεις και εξαρτώνται από την μακροχρόνια ή βραχυχρόνια επίδρασή τους στην εξεταζόμενη οριακή κατάσταση. Τιμές του ψ δίνονται στον Πίνακα 6.3.

Πίνακας 6.3: Συντελεστές συνδυασμού ψ των μεταβλητών δράσεων για τις οριακές καταστάσεις αστοχίας και λειτουργικότητας.

ΔΡΑΣΕΙΣ		Τιμή συνδυασμού για σύνοδες δράσεις υπό συνδυασμό	
		βραχυχρόνιο ψ_1	μακροχρόνιο ψ_2
Ωφέλιμα φορτία	* Κατοικίες	0.60	0.30
	* Γραφεία, καταστήματα, ξενοδοχεία, νοσοκομεία	0.70	0.30
	* Χώροι συνάθροισης κοινού (στάδια, σχολεία, θέατρα κλπ.)	0.80	0.50
	* Χώροι μακροχρόνιας αποθήκευσης (βιβλιοθήκες, αποθήκες δεξαμενές, σιλό κλπ.)	1.00	0.80
	* Χώροι στάθμευσης	0.90	0.60
Περιβ. Δράσεις	Άνεμος	0.60	0.00
	Χιόνι	0.60	0.0/0.3*
Έμμεσες δράσεις / παρεμποδιζόμενες και επιβαλλόμενες παραμορφώσεις (διαφορικές καθιζήσεις, θερμοκρασία, συστολή ξηράνσεως κλπ.)		0.00	0.00
Πλευρικές τάσεις ή πιέσεις		1.00	1.00

(*: μόνο για μη βατές στέγες ή δώματα, για τις οποίες Ψ_2=0 για τα ωφέλιμα φορτία)

6.3.2.4 Τυχηματικές δράσεις

Οι αντιπροσωπευτικές τιμές των τυχηματικών δράσεων A_k δίνονται από τους αντίστοιχους Κανονισμούς σαν τιμές σχεδιασμού A_d.

$$A_k = A_d \qquad (6.7)$$

6.3.2.5 Προένταση

Οι αντιπροσωπευτικές τιμές των δυνάμεων προένταση ς P_k δίνονται στην παρ.4.4 (βλ. επίσης παρ. 4.5). Οι τιμές σχεδιασμού P_d της προένταση ς δίνονται από τη σχέση:

$$P_d = \gamma_p \cdot P_k \qquad (6.8)$$

Οι συντελεστές ασφαλείας γ_p για τις εξεταζόμενες οριακές καταστάσεις δίνονται στον Πίνακα 6.4.

Πίνακας 6.4: Επιμέρους συντελεστές ασφαλείας γ_p

Οριακές καταστάσεις	Συνδυασμοί	Επιρροή δράσης	
		δυσμενής	ευμενής
Αστοχίας	Βασικοί	1.10	0.90
	Τυχηματικοί	1.00	1.00
Λειτουργικότητας	Βασικοί	1.00	1.00

6.3.2.6 Παρεμποδιζόμενες και επιβαλλόμενες παραμορφώσεις

Οι παρεμποδιζόμενες και επιβαλλόμενες παραμορφώσεις (ή δράσεις καταναγκασμού) προέρχονται από τις θερμοκρασιακές μεταβολές, τη συστολή ξηράνσεως και τον ερπυσμό, τη χαλάρωση και την μετακίνηση των στηρίξεων. Οι έμμεσες αυτές δράσεις δεν λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό έναντι της οριακής καταστάσεως αστοχίας, εφόσον η κατασκευή εμφανίζει επαρκή πλαστιμότητα, ώστε να είναι δυνατή η ανακατανομή των εντατικών μεγεθών.

Η οριακή κατάσταση λειτουργικότητας αφορά δομικά στοιχεία στα οποία ενδέχεται να αναπτυχθούν υψηλές εφελκυστικές τάσεις λόγω θερμοκρασιακών μεταβολών και χρόνιας συμπεριφοράς του σκυροδέματος (κυρίως λόγω συστολής ξηράνσεως). Σε κάθε περίπτωση πρέπει να λαμβάνονται κατάλληλα κατασκευαστικά μέτρα (ελάχιστος οπλισμός ρηγματώσεως σύμφωνα με την παρ. 15.5, αρμοί διακοπής (εργασίας), κατάλληλη συντήρηση, κλπ.)

Για τον υπολογισμό της εντάσεως επιτρέπεται να λαμβάνεται υπόψη δυσκαμψία του σταδίου ΙΙ, όπως αυτή καθορίζεται στον ΕΑΚ.

Η επίδραση της συστολής ξηράνσεως επιτρέπεται να λαμβάνεται ως ομοιόμορφη πτώση θερμοκρασίας:

$$\Delta T_{Cd} = 0.50\varepsilon_{cs} / \alpha_{\tau}$$

Οι μεταβολές θερμοκρασίας επηρεάζονται από τις κλιματικές συνθήκες (ηλιακή ακτινοβολία, ταχύτητα ανέμου), από τον τύπο του φορέα (μορφή διατομής) και από τις ιδιότητες του υλικού.

Δομικά έργα τα οποία από τη χρήση τους υπόκειντναι σε μεγάλες θερμοκρασιακές μεταβολές π.χ. λόγω εγκαταστάσεων ψύξεως ή θερμάνσεως ή μονόπλευρης ηλιακής ακτινοβολίας πρέπει να αντιμετωπίζονται ως ξεχωριστές περιπτώσεις.

Η ομοιόμορφη μεταβολή θερμοκρασίας αναφέρεται σε μέση θερμοκρασία κατασκευής $+10^{\circ}C$ και επιτρέπεται να λαμβάνεται ίση με $\pm 20^{\circ}C$ (για έργα στο ύπαιθρο). Για συνήθη υπόγεια έργα ή τμήματα έργων επιτρέπεται να λαμβάνεται υπόψη $\Delta T_{red} \cong 2/3\Delta T$.

6.3.3 Τιμές σχεδιασμού αντοχών

Για την διευκόλυνση της μελέτης χρησιμοποιούνται ιδεατά διαγράμματα τάσεων - παραμορφώσεων για το σκυρόδεμα και για τον χάλυβα.

Τα διαγράμματα σχεδιασμού τάσεων - παραμορφώσεων προκύπτουν από τα χαρακτηριστικά διαγράμματα μέσω της σχέσεως:

$$\sigma_d = \frac{\sigma_k}{\gamma_m} \quad (6.9)$$

Ιδιαίτερα για την αντοχή σχεδιασμού των υλικών ισχύει:

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m} \quad (6.10)$$

Οι συντελεστές ασφαλείας γ_m (των αντοχών του σκυροδέματος γ_c και του χάλυβα γ_s) για τις εξεταζόμενες οριακές καταστάσεις δίνονται από τον Πίνακα 6.5.

Πίνακας 6.5: Επιμέρους συντελεστές ασφαλείας γ_m

Οριακές καταστάσεις	Συνδυασμοί	Σκυρόδεμα	Χάλυβες
		γ_c	γ_s
Αστοχίας	Βασικοί	1.50	1.15
	Τυχηματικοί	1.30	1.00
	Τυχηματικοί με σεισμό	1.50	1.15
Λειτουργικότητας	Βασικοί	1.00*	1.00

* Σε ειδικές περιπτώσεις (π.χ. σε κατασκευές με απαίτηση υδατοστεγανότητας) ο

συντελεστής γ_c πρέπει να καθορίζεται ανάλογα με την περίπτωση. Για συνήθη τέτοια έργα μπορεί να ληφθεί σχετικώς $\gamma_c = 1.3$.

6.4 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΔΡΑΣΕΩΝ

Ο έλεγχος έναντι των οριακών καταστάσεων αστοχίας και λειτουργικότητας γίνεται μέσω της εξίσωσης (6.1).

Σε περίπτωση που δρουν ταυτόχρονα περισσότερες της μίας μεταβλητές δράσεις πρέπει να εξετασθούν διάφοροι συνδυασμοί δράσεων ώστε να προσδιοριστεί η δυσμενέστερη τιμή S_d.

6.4.1 Οριακές καταστάσεις αστοχίας

Κατά το συνδυασμό περισσότερων δράσεων γίνεται διάκριση μεταξύ βασικών και τυχηματικών δράσεων.

6.4.1.1 Συνδυασμός βασικών δράσεων

Η δυσμενέστερη τιμή σχεδιασμού δράσεων S_d προσδιορίζεται εξετάζοντας γενικώς τους βραχυχρόνιους συνδυασμούς:

$$S_d = S\left(\gamma_g \cdot G_k + \gamma_{q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \gamma_{q,i} \cdot \psi_{1,i} \cdot Q_{k,i} + \gamma_p \cdot P_k\right) \quad \text{.................................(6.11)}$$

όπου:

i > 1,

$Q_{k,1}$ είναι η χαρακτηριστική τιμή της βασικής μεταβλητής δράσης του υπόψη συνδυασμού.

Κάθε μεταβλητή δράση Q_k λαμβάνεται διαδοχικά ως κύρια, εκτός εάν είναι προφανές ότι κάποιος από τους συνδυασμούς δεν είναι καθοριστικός.

Όλες οι δράσεις χωρίζονται σε τμήματα που δρουν ευμενώς και τμήματα που δρουν δυσμενώς στην οριακή κατάσταση και πολλαπλασιάζονται με τους αντίστοιχους συντελεστές ασφαλείας.

6.4.1.2 Συνδυασμός τυχηματικών δράσεων

Η δυσμενέστερη τιμή σχεδιασμού των δράσεων S_d προκύπτει από τους μακροχρόνιους συνδυασμούς.

$$S_d = S\left(A_d + G_k + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \psi_{2i} \cdot Q_{k,i} + \gamma_p \cdot P_k\right) \quad \text{.......................................(6.12)}$$

όπου:

$i > 1$

Στις τυχηματικές δράσεις εντάσσεται και ο σεισμός (Ε) ο οποίος δεν συνδυάζεται με άλλες τυχηματικές δράσεις ή/και επιβαλλόμενες παραμορφώσεις. Εξ άλλου επιτρέπεται να μην εξετάζονται δυσμενείς φορτίσεις στον συνδυασμό με σεισμό (τόσον για τις μόνιμες, όσον και για τις μεταβλητές δράσεις) και επιτρέπεται οι τιμές των μαζών να υπολογίζονται από τον εξής συνδυασμό μόνιμων φορτίων (οιονεί μόνιμα): $G_k + \sum \psi_{2i} \cdot Q_{k,i}$, όπου $i \geq 1$.

Ειδικώς υπό σεισμό εξετάζεται ο ακόλουθος συνδυασμός:

$$S_d = S\left(E + G_k + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} + \gamma_p \cdot P_k\right) \quad (6.13)$$

6.4.2 Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας

6.4.2.1 Συνδυασμοί δράσεων

Η δυσμενέστερη τιμή σχεδιασμού των δράσεων S_d προσδιορίζεται από τους βραχυχρόνιους συνδυασμούς.

$$S_d = S\left(G_k + Q_{k,1} + \sum \psi_{1,i} \cdot Q_{k,i} + \gamma_p \cdot P_k\right) \quad (6.14)$$

όπου:

$i > 1$

και τους μακροχρόνιους συνδυασμούς

$$S_d = S\left(G_k + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} + \gamma_p \cdot P_k\right) \quad (6.15)$$

όπου:

$i > 1$.

6.5 ΣΤΑΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

Για τον έλεγχο της στατικής ισορροπίας της κατασκευής πρέπει να ικανοποιούνται οι εξής συνθήκες:

$$S\left(0.90G - 1.50(Q_{k,1} + \sum \psi_{1,i} Q_{k,i})\right) > 0 \quad (6.16\alpha)$$

και

$$S\left(1.00G_1 - 1.10G_2 - 1.50(Q_{k,1} + \sum \psi_{1,i} Q_{k,i})\right) > 0 \quad (6.16\beta)$$

όπου:

$i > 1$.

Στην σχέση (6.16) λαμβάνονται με την απόλυτη τιμή τους:

- το σύνολο των μονίμων δράσεων G

- τα τμήματα G_1 και G_2 του συνόλου των μονίμων δράσεων G που συμβάλλουν στην ευστάθεια ή δρουν κατά της ευστάθειας αντιστοίχως.
- οι μεταβλητές δράσεις $Q_{k,l}$ που δρουν κατά της ευστάθειας, και στις οποίες περιλαμβάνονται και τυχόν ειδικές δράσεις κατά την φάση της κατασκευής.

Ο έλεγχος της στατικής ισορροπίας περιλαμβάνει τους ελέγχους ολίσθησης, ανατροπής και ανύψωσης (π.χ. υπό άνωση).

Η ενεργοποίηση τυχόν παθητικής ώθησης γαιών η οποία συμβάλλει στην ευστάθεια πρέπει να αποδεικνύεται. Για να ληφθεί υπόψη στην εξίσωση (6.16) πρέπει να εξασφαλίζεται κατασκευαστικά και η ανάπτυξή της (βλ. και ΕΑΚ). Στην περίπτωση αυτή πολλαπλασιάζεται με τον συντελεστή 0.70 για τους βασικούς συνδυασμούς και 0.30 για τους τυχηματικούς συνδυασμούς (υπό σεισμό).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΝΤΑΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

7.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Ο προσδιορισμός της εντατικής κατάστασης γίνεται με διάφορες μεθόδους ανάλυσης:

Η ανάλυση λαμβανομένης υπόψη της συμπεριφοράς των υλικών μπορεί να είναι:

- ελαστική, κατά την οποίαν ο προσδιορισμός των εντατικών μεγεθών γίνεται με την θεωρία ελαστικότητας
- πλαστική, μόνον για μετέλεγχο υφισταμένων κατασκευών (θεωρία πλαστικών αρθρώσεων, μέθοδος γραμμών διαρροής)
- με εφαρμογή της μεθόδου θλιπτήρων – ελκυστήρων, για ειδικές περιπτώσεις.

Σε όσες περιπτώσεις απαιτείται, η ανάλυση θα λαμβάνει υπόψη την επίδραση των παραμορφώσεων στην εντατική κατάσταση (θεωρία 2ης τάξεως). Η ανάλυση για προσδιορισμό των οριακών μεγεθών αντοχής μπορεί να είναι:

- γραμμική με παραδοχή γραμμικών διαγραμμάτων ροπών - καμπυλοτήτων, τάσεων - παραμορφώσεων ή
- μη γραμμική με παραδοχή μη γραμμικών διαγραμμάτων ροπών - καμπυλοτήτων, ροπών - στροφών και τάσεων - παραμορφώσεων.

Ανάλογα με το είδος της ανάλυσης που έχει ακολουθηθεί για τον προσδιορισμό των εντατικών μεγεθών, ο έλεγχος πραγματοποιείται ως εξής:

- εάν έχει γίνει ελαστική ανάλυση, ελέγχονται διατομές μέσω συγκρίσεως των μεγεθών έντασης και παραμόρφωσης του υπολογισμού με τα αντίστοιχα οριακά μεγέθη αντοχής και
- εάν έχει γίνει πλαστική ανάλυση, ελέγχεται το σύστημα, μέσω απευθείας συγκρίσεως των δράσεων με την αντοχή του συστήματος.

Όταν οι επιρροές των παρεμποδιζομένων και επιβαλλομένων παραμορφώσεων (λόγω συστολής ξήρανσης, θερμοκρασιακών μεταβολών, λόγω μεταβολών συνθηκών στήριξης) λαμβάνονται υπόψη, επιτρέπεται να ληφθεί υπόψη η μείωση της δυσκαμψίας λόγω ρηγμάτωσης και ερπυσμού.

7.2 ΒΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

7.2.1 Δομικό σύστημα και δομικά στοιχεία: Ορισμοί και παραδοχές

Το δομικό σύστημα που χρησιμοποιείται για την ανάλυση αποτελεί ένα απλοποιημένο προσομοίωμα του πραγματικού δομικού συστήματος της κατασκευής και παρά τις τυχόν απλοποιήσεις, πρέπει να επιτρέπει την αξιόπιστη εκτίμηση των μεγεθών έντασης και παραμόρφωσης.

Το δομικό σύστημα είναι δυνατό να αποτελείται από γραμμικά δομικά στοιχεία (δοκοί, υποστυλώματα), επιφανειακά δομικά στοιχεία (πλάκες, υψίκορμοι δοκοί, τοιχώματα, κόμβοι γραμμικών δομικών στοιχείων, κελύφη) και, σε ειδικές περιπτώσεις, τρισδιάστατα δομικά στοιχεία.

7.2.1.1 Γραμμικά δομικά στοιχεία

Τα δομικά στοιχεία θεωρούνται γραμμικά, εάν η μία διάστασή τους είναι σχετικώς μεγάλη σε σχέση με τις άλλες δύο.

7.2.1.2 Επιφανειακά δομικά στοιχεία

Επιφανειακά δομικά στοιχεία θεωρούνται τα στοιχεία των οποίων το πάχος είναι σχετικώς μικρό σε σχέση με τις άλλες δύο διαστάσεις.

7.2.1.2α Πλάκες

Οι πλάκες είναι επίπεδα επιφανειακά δομικά στοιχεία στα οποία το διάνυσμα των ροπών κάμψης κείται στο μέσο επίπεδό τους.

7.2.1.2β Δίσκοι

Οι δίσκοι είναι επίπεδα επιφανειακά δομικά στοιχεία που καταπονούνται από δυνάμεις και ροπές, οι οποίες παράγουν ένταση εντός του μέσου επιπέδου τους.

7.2.1.2γ Κελύφη

Τα κελύφη είναι καμπύλα επιφανειακά στοιχεία.

7.2.1.2δ **Πτυχωτοί φορείς**

Οι πτυχωτοί φορείς είναι φορείς στο χώρο που αποτελούνται βασικά από ορθογωνικούς δίσκους, οι οποίοι συνδέονται έτσι ώστε στην κοινή ακμή να σχηματίζεται γωνία και να μεταβιβάζονται κυρίως διατμητικές δυνάμεις.

7.2.2 Θεωρητικό άνοιγμα

Το θεωρητικό άνοιγμα ενός στοιχείου υπολογίζεται από τη σχέση

$$\lambda=\lambda_n+\sum_{i=1}^{2}\alpha_i \qquad (7.1)$$

όπου:

λ_n είναι η απόσταση των παρειών των στηρίξεων.

Η τιμή του α_i λαμβάνεται:

για μη συνεχή στοιχεία (μη μονολιθική σύνδεση):

$$\alpha_i = \min(1/3\ t, 0.025\lambda_n)$$

για συνεχή στοιχεία:

$$\alpha_i = 1/2\ t$$

για πάκτωση:

$$\alpha_i = \min(1/2\ t, 0.025\lambda_n)$$

για πακτωμένο πρόβολο:

$$\alpha_i = 0$$

όπου t είναι το πλάτος έδρασης.

7.2.3 Γεωμετρικά χαρακτηριστικά των διατομών

Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των διατομών υπολογίζονται με βάση τις πραγματικές διαστάσεις των διατομών στο υπόψη στάδιο κατασκευής.

α) Ονομαστικές διατομές

Είναι αυτές από τις οποίες δεν αφαιρούνται οι επιφάνειες των οπλισμών ωπλισμένου σκυροδέματος ή οι επιφάνειες των κενών (οπές, δίοδοι ή σωλήνες) που προορίζονται για τους τένοντες προεντεταμένου σκυροδέματος.

β) Καθαρές διατομές

Είναι οι διατομές που προκύπτουν αφού αφαιρεθούν από τις ονομαστικές διατομές όλα τα διαμήκη και εγκάρσια κενά, ακόμα κι αν αυτά πρόκειται να πληρωθούν εκ των υστέρων.

γ) Ιδεατές διατομές

Είναι εκείνες που λαμβάνουν υπόψη και τις διατομές του χάλυβα πολλαπλασιασμένες με τον λόγο των μέτρων ελαστικότητας α. Ο λόγος αυτός εξαρτάται από την πιθανή διάρκεια εφαρμογής του υπόψη συνδυασμού δράσεων, ως εξής:

- αν η διάρκεια είναι μικρή, ώστε να αγνοείται ο ερπυσμός, τότε:

$$\alpha = E_s / E_c \qquad (7.2)$$

- αν η διάρκεια είναι μεγάλη, τότε:

$$\alpha = (E_s / E_c) \cdot [1 + \varphi(t, t_0)] \qquad (7.3)$$

όπου:

$\varphi(t, t_0)$ = συντελεστής ερπυσμού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΓΡΑΜΜΙΚΑ ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

8.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Η επίλυση του δομικού συστήματος γίνεται με την θεωρία της ελαστικότητας που μπορεί να είναι γραμμική (παρ. 8.2.1) ή γραμμική με περιορισμένη ανακατανομή (παρ. 8.2.2), καθώς και με την θεωρία της πλαστικότητας (παρ. 8.3).

Η μέθοδος ανάλυσης πρέπει να βασίζεται σε ένα αξιόπιστο αναλυτικό ομοίωμα της κατασκευής.

8.2 ΕΛΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην θεωρία ελαστικότητας. Οι μετατοπίσεις μπορεί να είναι μικρές (θεωρία 1ης τάξης) ή μεγάλες (θεωρία 2ης τάξης).

8.2.1 Γραμμική ελαστική ανάλυση

Η γραμμική ελαστική ανάλυση εφαρμόζεται για ελέγχους οριακών καταστάσεων αστοχίας και οριακών καταστάσεων λειτουργικότητας.

Ο προσδιορισμός των δυσκαμψιών για την επίλυση στατικώς αορίστων συστημάτων γίνεται γενικώς στο στάδιο I με βάση τις ονομαστικές ή ιδεατές διατομές (παρ. 7.2.3).

8.2.2 Γραμμική ελαστική ανάλυση με περιορισμένη ανακατανομή

8.2.2.1 Γενικά

Για τον έλεγχο οριακών καταστάσεων αστοχίας επιτρέπεται ανακατανομή των ροπών που προέκυψαν από την γραμμική ανάλυση.

Οι συνέπειες της ανακατανομής των ροπών πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για όλα τα εντατικά μεγέθη (π.χ. και για τις τέμνουσες), ώστε να ικανοποιούνται οι εξισώσεις ισορροπίας.

Η δυνατότητα ανακατανομής εξαρτάται από την πλαστιμότητα της διατομής, η οποία είναι συνάρτηση του λόγου x/d, όπου x το ύψος της θλιβόμενης ζώνης της υπόψη διατομής (για την τελική ένταση, μετά την ανακατανομή) και d το στατικό της ύψος.

8.2.2.2 Συνθήκες πλαστιμότητας – Ανακατανομή ροπών

Επιτρέπεται η μείωση των μεγίστων ροπών κάμψεως με τον πολλαπλασιασμό επί τον συντελεστή δ ο οποίος προσδιορίζεται από την σχέση:

$0.44+1.25\cdot x/d \leq \delta < 1.00$ για σκυρόδεμα κατηγορίας έως και C35/45 .... (8.1α)

$0.56+1.25\cdot x/d \leq \delta < 1.00$ για σκυρόδεμα μεγαλύτερης κατηγορίας .... (8.1β)

όταν ικανοποιούνται οι παρακάτω συνθήκες:

α) για συνεχείς δοκούς

$\delta > 0.70$ για χάλυβες Η .... (8.2α)

$\delta > 0.85$ για χάλυβες Ν .... (8.2β)

β)

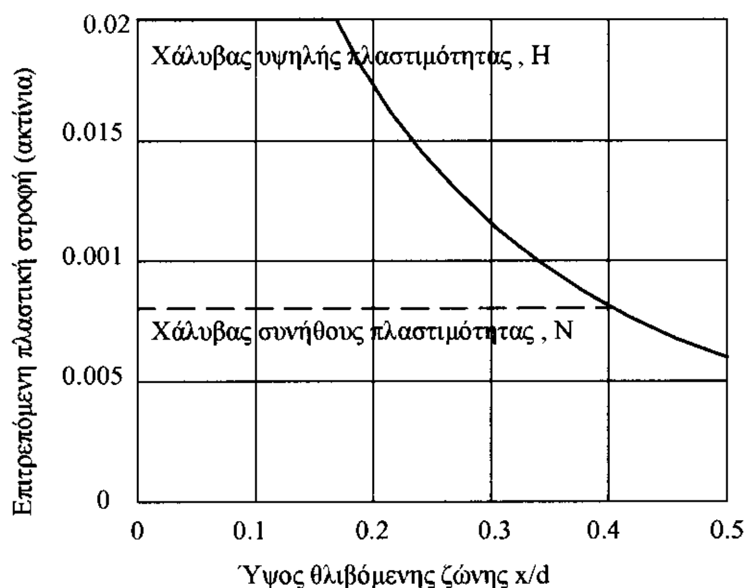
$x/d \leq 0.45$ για σκυρόδεμα C12/16 έως C35/45 .... (8.3α)

$x/d \leq 0.35$ για σκυρόδεμα C40/50 και άνω .... (8.3β)

8.3 ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Η πλαστική ανάλυση επιτρέπεται να εφαρμόζεται μόνον για τον έλεγχο οριακών καταστάσεων αστοχίας υφισταμένων κατασκευών.

Η πλαστική ανάλυση γίνεται με βάση την θεωρία πλαστικών αρθρώσεων, όπου οι πλαστικές παραμορφώσεις (πλαστικές στροφές) θεωρούνται συγκεντρωμένες σε ορισμένες διατομές του φορέα. Η επιτρεπόμενη τοπική πλαστική στροφή μπορεί να ληφθεί από το παρακάτω διάγραμμα, το οποίο δεν λαμβάνει υπόψη την ευμενή επιρροή του εγκάρσιου οπλισμού και ισχύει για διπλές πλαστικές αρθρώσεις στο μέσο δοκών με $\lambda : h \cong 6$.



Σχήμα 8.1: Επιτρεπόμενη πλαστική στροφή

Η ανάλυση είναι δυνατόν να γίνει και με ελαστοπλαστικές μεθόδους. Σε αυτή την περίπτωση για τα διαγράμματα ροπών - καμπυλοτήτων είναι συχνά ικανοποιητική η υιοθέτηση διγραμμικών παραστάσεων που περιγράφουν:

το στάδιο I: σκυρόδεμα μη ρηγματωμένο, γραμμική - ελαστική συμπεριφορά,

το στάδιο II: σκυρόδεμα ρηγματωμένο.

Για τα διαγράμματα ροπών - στροφών μπορεί να υιοθετηθεί μία τριγραμμική παράσταση που περιγράφει και το στάδιο III, της ανάπτυξης πλαστικής στροφής θ_{pl} στην διατομή.

8.4 ΣΥΝΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΠΛΑΤΟΣ ΠΛΑΚΟΔΟΚΩΝ

Σε περιπτώσεις διατομών όπου η επιρροή της διάτμησης είναι σημαντική, δεν ισχύει ο νόμος της επιπεδότητας των διατομών. Για την απλοποίηση των υπολογισμών εισάγεται το συνεργαζόμενο πλάτος των διατομών και ο νόμος της επιπεδότητας θεωρείται ότι εξακολουθεί να ισχύει. Οι τιμές του συνεργαζόμενου πλάτους μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τις οριακές καταστάσεις αστοχίας και λειτουργικότητας.

8.5 ΔΥΣΤΡΕΨΙΑ

Σε περίπτωση έλλειψης ακριβέστερων στοιχείων για τον υπολογισμό εντατικών μεγεθών επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται προσεγγιστικές τιμές δυστρεψίας, οι οποίες μπορούν να ληφθούν σταθερές για όλο το μήκος κάθε ανοίγματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΠΛΑΚΕΣ ΚΑΙ ΔΙΣΚΟΙ

9.1 ΠΛΑΚΕΣ

9.1.1 Πεδίο Εφαρμογής

Το άρθρο αυτό ισχύει για συμπαγείς πλάκες υποβαλλόμενες σε κάμψη ενδεχομένως δε και σε ορθές αξονικές δυνάμεις που δρουν παράλληλα προς το μέσο επίπεδο της πλάκας. Ισχύει επίσης για πλάκες με μη ομοιόμορφο πάχος (π.χ. πλάκες με νευρώσεις, πλάκες με σώματα πλήρωσης, πλάκες μεταβλητού πάχους κ.α.) υπό την προϋπόθεση ότι η συμπεριφορά τους έναντι των φορτίσεων μπορεί με ικανοποιητική προσέγγιση να εξομοιωθεί με την συμπεριφορά ισοδύναμης πλάκας συμπαγούς διατομής.

9.1.2 Μέθοδοι ανάλυσης

Τα εντατικά μεγέθη μπορούν να καθορισθούν με μεθόδους που έχουν ως βάση:

α) την ελαστική ανάλυση και

β) την πλαστική ανάλυση, η οποία μπορεί να χρησιμοποιείται μόνο για μετέλεγχο υφιστάμενης κατασκευής.

9.1.3 Ελαστική ανάλυση

Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην θεωρία ελαστικότητας κατά την οποία υποτίθεται γραμμική σχέση μεταξύ τάσεων και παραμορφώσεων (νόμος Hooke):

9.1.3.1 Γραμμική ανάλυση

Η γραμμική ανάλυση μπορεί να γίνει με βάση τις ονομαστικές διατομές και με τιμή του λόγου του Poisson μεταξύ 0.00 και 0.20.

Τα αποτελέσματα της γραμμικής ανάλυσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τους ελέγχους και έναντι οριακών καταστάσεων αστοχίας και έναντι των οριακών καταστάσεων λειτουργικότητας.

9.1.3.2 Γραμμική ανάλυση με περιορισμένη ανακατανομή

Η γραμμική ανάλυση με περιορισμένη ανακατανομή μπορεί να εφαρμοσθεί για τις ίδιες συνθήκες πλαστιμότητας και ανακατανομής όπως και στους γραμμικούς φορείς.

Στις συνεχείς πλάκες με γραμμικές στηρίξεις, οι ροπές στήριξης που προκύπτουν από γραμμική ανάλυση μπορούν να μειωθούν ή να αυξηθούν μέχρι 15%, χωρίς έλεγχο, με την

προϋπόθεση ότι θα διορθωθούν και οι αντίστοιχες ροπές των ανοιγμάτων, ώστε να ικανοποιούνται οι συνθήκες ισορροπίας.

9.1.4 Πλαστική ανάλυση

Γενικώς η πλαστική ανάλυση (παρ. 9.1.2) εφαρμόζεται για τις οριακές καταστάσεις αστοχίας έναντι εξωτερικών φορτίων (άμεσων δράσεων) και μπορεί να γίνει με βάση τις στατικές ή κινηματικές μεθόδους. Για να επιτρέπεται η εφαρμογή της μεθόδου πρέπει να ικανοποιούνται οι παρακάτω συνθήκες:

1) Ο εφελκυόμενος οπλισμός σε κάθε σημείο και προς κάθε κατεύθυνση δεν πρέπει να υπερβαίνει το μισό εκείνου που αντιστοιχεί σε διατομή για την οποία η οριακή κατάσταση αστοχίας σε κάμψη χαρακτηρίζεται από τις παρακάτω παραμορφώσεις (Σχήμα 10.1):

$$\varepsilon_s = \varepsilon_{yd} \text{ και } \varepsilon_c = -0.0035 \quad \text{.......(9.1)}$$

2α) Εάν εφαρμόζεται στατική μέθοδος, πρέπει η κατανομή ροπών που εκλέγεται να μην διαφέρει σημαντικά από μία ελαστική κατανομή ροπών· ο λόγος των χρησιμοποιούμενων ροπών στήριξης προς τις τιμές τους, οι οποίες θα προέκυπταν από μία ελαστική ανάλυση πρέπει να κείται μεταξύ:

0.50 και 1.25 για χάλυβες θερμής έλασης,

0.75 και 1.25 για χάλυβες ψυχρής κατεργασίας,

0.85 και 1.15 για δομικά πλέγματα και τένοντες με συνάφεια.

2β) Εάν εφαρμόζεται κινηματική μέθοδος, πρέπει ο λόγος των ροπών στήριξης προς τις ροπές ανοίγματος να κείται μεταξύ:

0.50 και 2.00 για χάλυβες θερμής έλασης,

0.75 και 1.33 για χάλυβες ψυχρής κατεργασίας,

0.85 και 1.15 για δομικά πλέγματα και τένοντες με συνάφεια.

9.1.5 Γενικές διατάξεις για την ανάλυση πλακών που στηρίζονται σε δοκούς ή φέροντες τοίχους

Η ανάλυση πλακών που στηρίζονται συνεχώς κατά μήκος της περιμέτρου των σε δοκούς ή φέροντες τοίχους (από τοιχοποιία), μπορεί να βασισθεί στην παραδοχή ελεύθερα στρεπτών αλλά ανυποχώρητων στηριγμάτων. Πλάκες που στηρίζονται σε σιδηροδοκούς ή προκατασκευασμένες δοκούς από ωπλισμένο σκυρόδεμα θεωρούνται ως συνεχείς μόνον αν η επάνω επιφάνεια της πλάκας βρίσκεται τουλάχιστον 40mm πάνω από το επάνω πέλμα των δοκών και ο οπλισμός της πλάκας συνεχίζεται πάνω από τη δοκό στο επόμενο άνοιγμα (προς κάλυψη των ροπών στήριξης).

Στις στηρίξεις συνεχών πλακών η ροπή υπολογισμού αναφέρεται στον άξονα της στήριξης για έδραση σε φέροντα τοίχο ή στις παρειές της στήριξης για μονολιθική σύνδεση με το στήριγμα.

Για τον υπολογισμό των εντατικών μεγεθών πλακών, οποιασδήποτε μορφής και είδους στήριξης, ισχύουν γενικά οι βάσεις υπολογισμού των εντατικών μεγεθών.

Προσεγγιστικές μέθοδοι επιτρέπονται όταν βρίσκονται προς την πλευρά της ασφαλείας.

Για ορθογωνικές τετραέρειστες πλάκες επιτρέπεται να εκτελείται υπολογισμός κατά προσέγγιση, με την παραδοχή διασταυρούμενων λωρίδων πλάκας με κοινό μέγιστο βέλος κάμψης. Οι υπολογιζόμενες ροπές ανοίγματος σύμφωνα με τις παραπάνω παραδοχές, πρέπει να αυξάνονται κατάλληλα όταν:

α) οι γωνίες δεν εξασφαλίζονται έναντι ανύψωσης,

β) δεν διατάσσεται οπλισμός συστροφής σε γωνίες όπου συναντώνται δύο πλευρές στήριξης ελεύθερα στρεπτές,

γ) υπάρχουν οπές στις γωνίες, οι οποίες επηρεάζουν σημαντικά τη δυστρεψία.

Συνεχείς τετραέρειστες πλάκες με λόγο θεωρητικών ανοιγμάτων $\min\lambda/\max\lambda$ κατά μια διεύθυνση συνέχειας όχι μικρότερο από 0.75 επιτρέπεται για τον υπολογισμό των ροπών στήριξης να θεωρούνται ως πλήρως πακτωμένες στις στηρίξεις. Οι μέγιστες και οι ελάχιστες ροπές ανοίγματος επιτρέπεται να υπολογίζονται με τη θεώρηση πλήρους πάκτωσης για την καθολική φόρτιση p (όλων των ανοιγμάτων).

$$p=1.35g+1.50q/2 \qquad (9.2)$$

και ελεύθερα στρεπτής έδρασης στις στηρίξεις για φόρτιση p με διάταξη ζατρικίου

$$p=\pm 1.50q/2 \qquad (9.3)$$

όπου g, q το μόνιμο και το κινητό φορτίο της πλάκας, αντίστοιχα.

Οι αντιδράσεις τετραέρειστων ομοιόμορφα φορτισμένων πλακών, οι οποίες χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των δράσεων του σχεδιασμού των δοκών, επιτρέπεται να υπολογίζονται από τις επιφάνειες φόρτισης που προκύπτουν από γεωμετρικό μερισμό της επιφάνειας της κάτοψης.

Στηρίξεις που δεν ελήφθησαν υπόψη στον υπολογισμό της πλάκας πρέπει να συμμετέχουν στη διανομή των φορτίων της πλάκας.

9.1.6 Διανομή σημειακών, γραμμικών ή τμηματικώς κατανεμημένων φορτίων σε αμφιέρειστες πλάκες

Εφόσον δεν γίνεται ακριβέστερη ανάλυση, επιτρέπεται για φορτία σημειακά, γραμμικά ή ομοιομόρφως κατανεμημένα σε ορθογωνική επιφάνεια της πλάκας, να καθορίζεται υπολογιστικό πλάτος διανομής του φορτίου b_m, εγκαρσίως προς την διεύθυνση του κυρίου οπλισμού. Το πλάτος t της εισαγωγής του φορτίου (στο μέσο επίπεδο της πλάκας) ισούται με την αντίστοιχη διάσταση της επιφάνειας εφαρμογής του φορτίου αυξημένη κατά το διπλάσιο του πάχους της επικάλυψης της πλάκας (s) και κατά το πάχος της πλάκας.

Μετά την αναγωγή του σε ορθογωνική επιφάνεια $t_x \cdot t_y$ στο μέσο επίπεδο της πλάκας, το φορτίο μπορεί να θεωρηθεί ότι αναλαμβάνεται κατά την κύρια διεύθυνση οπλισμού από

λωρίδα πλάτους b_m. Μέσα στην λωρίδα αυτή θεωρείται ότι δρα σταθερή ροπή κάμψης m ανά μέτρο πλάτους, καθώς και σταθερή τέμνουσα δύναμη v ανά μέτρο πλάτους.

Τα μεγέθη m και v υπολογίζονται από τους τύπους:

$$m=\frac{M}{b_m} \quad \text{......(9.4)}$$

$$v=\frac{V}{b_m} \quad \text{......(9.5)}$$

όπου:

m ροπή ανοίγματος, m_f, ή ροπή στήριξης, m_s (ανά μέτρο πλάτους),

v τέμνουσα δύναμη στη στήριξη (ανά μέτρο πλάτους),

M μέγιστη ροπή της πλάκας (ανάλογα με το στατικό σύστημα, από τον Πιν. Σ9.1), η οποία φορτίζεται από το συνολικό φορτίο ομοιομόρφως κατανεμημένο επί μήκους t_x,

V τέμνουσα δύναμη της πλάκας στη στήριξη.

Ο πρόσθετος οπλισμός που προκύπτει από τα παραπάνω εντατικά μεγέθη τοποθετείται στην πλάκα σύμφωνα με την παρ. 18.1.5.1.

9.1.7 Ανάλυση πλακών χωρίς δοκούς

Η ανάλυση πλακών που στηρίζονται απευθείας και μονολιθικώς σε υποστυλώματα, με περίπου ορθογωνική διάταξη σε κάτοψη, μπορεί να γίνει με την μέθοδο των ισοδύναμων πλαισίων. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται κυρίως για κατακόρυφα φορτία.

Στην περίπτωση κατά την οποίαν η μέθοδος εφαρμόζεται και για οριζόντια φορτία, θα λαμβάνεται το πλάτος συνεργασίας της δοκού λ_x' από την σχέση

$$\lambda_x' = b_o + 2 \cdot h_s$$

όπου

b_o το πλάτος υποστυλώματος στην εξεταζόμενη διεύθυνση και

h_s πάχος της πλάκας.

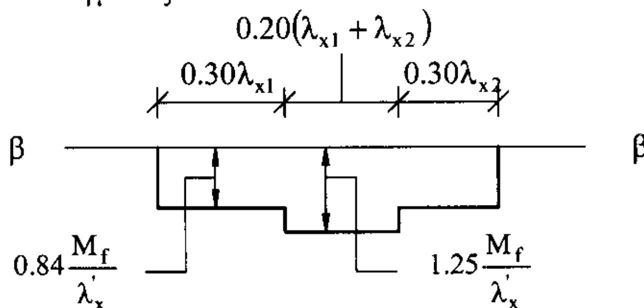
Σε αυτήν την περίπτωση δεν χρειάζεται κατά την ανάλυση του φορέα περαιτέρω μείωση της δυσκαμψίας λόγω ρηγμάτωσης (βλ. παρ. 8.2.1).

9.1.7.1 Κατά πλάτος κατανομή των ροπών ανοίγματος και στήριξης της πλάκας

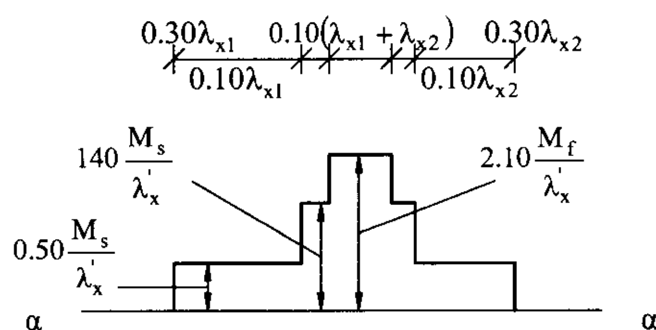
Για την κατανομή των εντατικών μεγεθών, κάθε φάτνωμα της πλάκας θα πρέπει να χωρίζεται (κατά τις δύο διευθύνσεις) σε μία εσωτερική λωρίδα πλάτους 0.6λ, την «λωρίδα

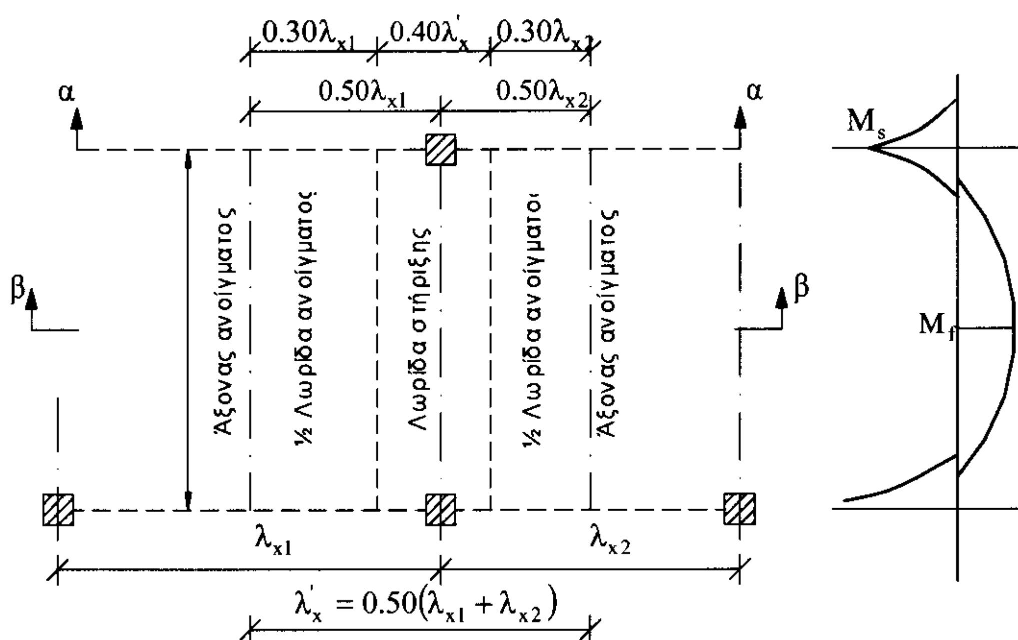
ανοίγματος» και σε δύο εξωτερικές λωρίδες, «λωρίδες στήριξης», εκάστη πλάτους 0.2λ (Σχήμα 9.1).

Κατανομή ροπών ανοίγματος:



Κατανομή ροπών στήριξης:





Σχήμα 9.1: Κατά πλάτος κατανομή των μέσων ροπών κατά y

9.2 ΔΙΣΚΟΙ

9.2.1 Μέθοδοι ανάλυσης

Οι δυνάμεις που ενεργούν στο μέσο επίπεδο ενός δίσκου μπορούν να προσδιοριστούν με βάση:

- ελαστική ανάλυση
- πλαστική ανάλυση
- μέθοδο θλιπτήρων – ελκυστήρων.

9.2.2 Ελαστική ανάλυση

Η ελαστική ανάλυση βασίζεται σε γραμμική σχέση τάσεων - παραμορφώσεων (νόμος Hooke). Ελαστική ανάλυση μπορεί να γίνει με βάση τις ονομαστικές διατομές και με τιμή του λόγου του Poisson μεταξύ 0.00 και 0.20.

Τα αποτελέσματα ελαστικής ανάλυσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ελέγχους και έναντι οριακών καταστάσεων λειτουργικότητας και έναντι οριακών καταστάσεων αστοχίας.

9.2.3 Πλαστική ανάλυση

Η πλαστική ανάλυση μπορεί να βασισθεί μόνον σε στατικές μεθόδους.

Η πλαστική ανάλυση μπορεί καταρχήν να χρησιμοποιηθεί μόνο για έλεγχο οριακών καταστάσεων αστοχίας.

Παρόλα αυτά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για έλεγχο οριακών καταστάσεων λειτουργικότητας, εάν οι διαφορές μεταξύ της κατανομής της έντασης που προκύπτει από την πλαστική ανάλυση και της κατανομής της έντασης που προκύπτει από γραμμική ανάλυση είναι αποδεκτές για την υπόψη οριακή κατάσταση λειτουργικότητας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΑΠΟ ΜΕΓΕΘΗ ΟΡΘΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ

10.1 ΓΕΝΙΚΑ

Με τους κανόνες αυτού του Κεφαλαίου προσδιορίζονται οι τιμές σχεδιασμού των μεγεθών αντοχής.

Ο προσδιορισμός μπορεί να γίνεται είτε αναλυτικά, είτε με βάση διαγράμματα, είτε με βάση πίνακες.

10.2 ΠΕΔΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Οι κανόνες που ακολουθούν εφαρμόζονται ως έχουν μόνο για γραμμικούς φορείς, όπως καθορίστηκαν στην παρ. 7.2.1.1 και για πλάκες και κελύφη των οποίων ο οπλισμός παρουσιάζει αμελητέα απόκλιση από τις διευθύνσεις των ροπών σχεδιασμού.

10.3 ΔΙΑΤΟΜΕΣ

Για τα πέλματα των πλακοδοκών που υπόκεινται σε εφελκυσμό ισχύει η παρ. 8.4. Επίσης στις περιοχές των στηρίξεων των συνεχών πλακοδοκών, μπορούν να ληφθούν υπόψη στους υπολογισμούς αντοχής μόνον οι εφελκυόμενοι οπλισμοί που περιλαμβάνονται σε ένα πλάτος πλάκας όπως καθορίζεται από την παρ. 18.3.2 (Σχήμα Σ18.12).

10.4 ΟΠΛΙΣΜΟΙ ΜΕ ΣΥΝΑΦΕΙΑ

10.4.1 Παραδοχές

Ο υπολογισμός της αντοχής βασίζεται στις παρακάτω παραδοχές, οι οποίες συμπληρώνονται με τις παραδοχές των παρ. 10.4.2, 10.4.3 και 10.4.4:

α) η διατομή παραμένει επίπεδη και κάθετη στον παραμορφωμένο άξονα του στοιχείου,

β) ο οπλισμός υφίσταται τις ίδιες μεταβολές παραμορφώσεων με το περιβάλλον σκυρόδεμα,

γ) η εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος αμελείται,

δ) η μέγιστη θλιπτική παραμόρφωση του σκυροδέματος λαμβάνεται ίση με:

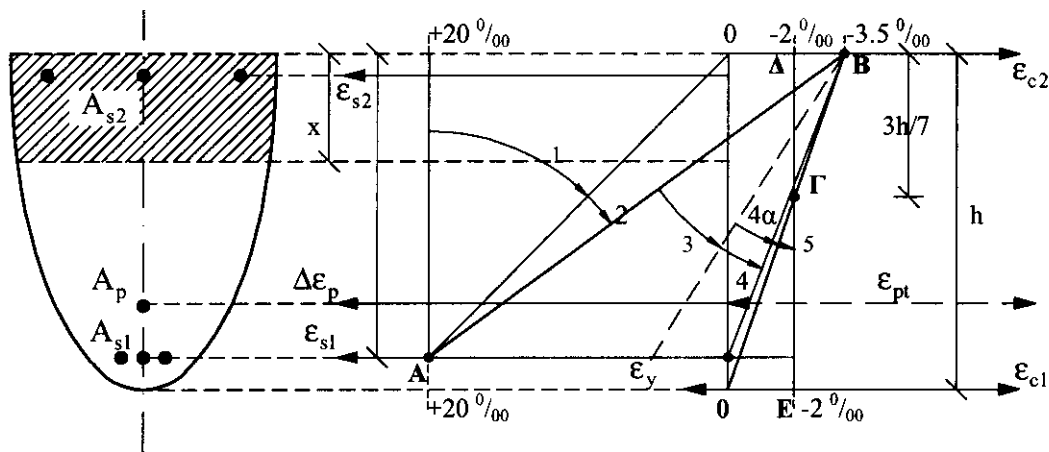
- 0.0035 σε κάμψη (καθαρή ή με αξονική δύναμη, ορθή ή λοξή),
- 0.002 σε κεντρική θλίψη,

ε) η μέγιστη εφελκυστική παραμόρφωση του οπλισμού λαμβάνεται ίση με 0.02.

10.4.2 Κατανομή των παραμορφώσεων

Οι παραδοχές α, δ και ε της παρ. 10.4.1 συμπληρώνονται όπως παρακάτω:

Για τον υπολογισμό της αντοχής θεωρείται ότι οι ακραίες παραμορφώσεις διέρχονται από ένα από τα τρία σημεία Α, Β ή Γ, τα οποία ορίζονται στο Σχήμα 10.1.

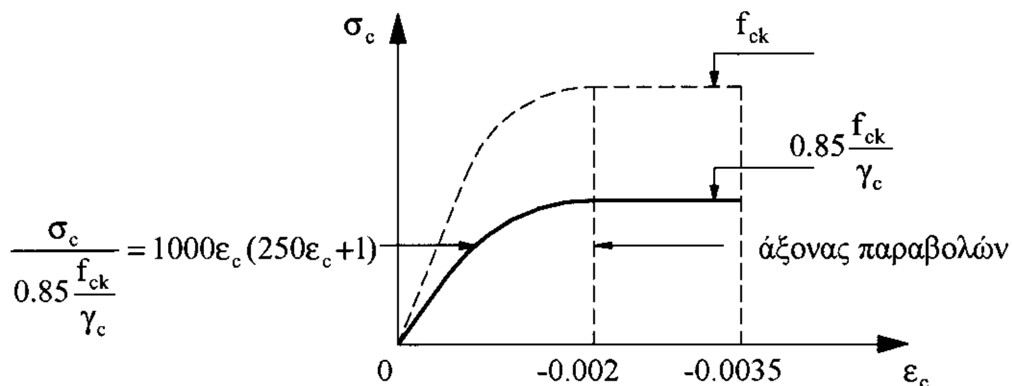


Σχήμα 10.1: Διάγραμμα παραμορφώσεων

10.4.3 Ιδεατά διαγράμματα τάσεων - παραμορφώσεων σκυροδέματος

10.4.3.1 Παραβολικό - ορθογωνικό διάγραμμα

Κατά τον υπολογισμό της αντοχής μιας διατομής, χρησιμοποιείται για το σκυρόδεμα το ιδεατό διάγραμμα του Σχήματος 10.2.



Σχήμα 10.2: Παραβολικό - ορθογωνικό διάγραμμα τάσεων - παραμορφώσεων σκυροδέματος

Επιτρέπεται και η χρήση κατάλληλων απλοποιητικών γραμμικοποιημένων διαγραμμάτων τάσεων - παραμορφώσεων σκυροδέματος, ανάλογα με το μελετώμενο αντικείμενο.

10.4.3.2 Ορθογωνικό διάγραμμα

Εάν η διατομή δεν βρίσκεται ολόκληρη υπό θλίψη, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μία απλοποιημένη ορθογωνική κατανομή των θλιπτικών τάσεων. Η κατανομή αυτή ορίζεται ως εξής (x είναι το ύψος της θλιβόμενης ζώνης της διατομής):

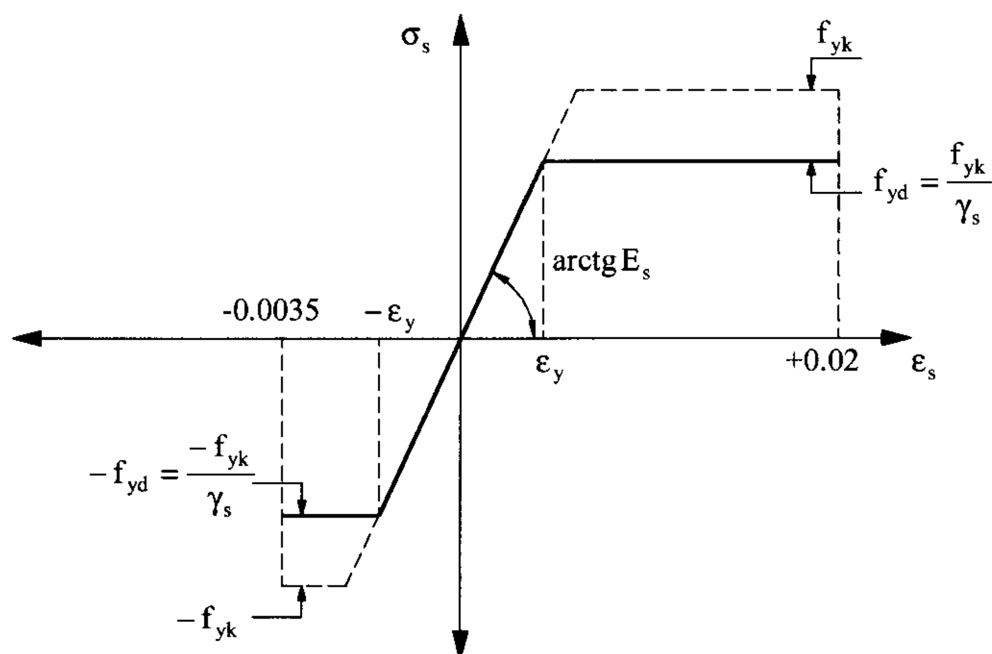
1) σε ένα μήκος 0.20x από την ουδέτερη γραμμή η τάση είναι μηδέν,

2) στο υπόλοιπο ύψος 0.80x η τάση είναι σταθερή και έχει τιμή:

- $0.85\frac{f_{ck}}{\gamma_c}$ για θλιβόμενες ζώνες σταθερού πλάτους ή ζώνες των οποίων το πλάτος αυξάνει προς τις ίνες που θλίβονται περισσότερο,
- $0.80\frac{f_{ck}}{\gamma_c}$ για θλιβόμενες ζώνες των οποίων το πλάτος μειώνεται προς τις ίνες που θλίβονται περισσότερο.

10.4.4 Διαγράμματα τάσεων - παραμορφώσεων χάλυβα

Το διάγραμμα σχεδιασμού ενός συνήθους χάλυβα ή ενός χάλυβα προέντασης, προκύπτει από το χαρακτηριστικό τους διάγραμμα μέσω διαιρέσεως του ορίου αναλογίας και των τάσεων των μεγαλύτερων του ορίου αναλογίας με τον συντελεστή ασφαλείας γ_s.



Σχήμα 10.3: Διάγραμμα σχεδιασμού τάσεων - παραμορφώσεων για τον χάλυβα

Το διάγραμμα σχεδιασμού για τους μαλακούς χάλυβες ή τους χάλυβες ψυχρής επεξεργασίας με διέλκυση και /ή εξέλαση δίνεται στο Σχήμα 10.3, όπως προέκυψε από το απλοποιημένο διάγραμμα (παρ. 3.16.1).

10.5 ΤΕΝΟΝΤΕΣ ΧΩΡΙΣ ΣΥΝΑΦΕΙΑ

Για την χρησιμοποίηση τενόντων χωρίς συνάφεια απαιτείται ειδική έγκριση της Ελεγκτικής Αρχής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΑΠΟ ΤΕΜΝΟΥΣΑ

Οι κανόνες αυτού του Κεφαλαίου εφαρμόζονται για τις δοκούς, τις πλάκες υπό προέχουσα κάμψη και για τα στοιχεία υπό θλίψη, των οποίων οι διαμήκεις οπλισμοί έχουν υπολογιστεί σύμφωνα με το Κεφάλαιο 10 και τα οποία υπόκεινται συγχρόνως σε τέμνουσες δυνάμεις.

Επίσης εφαρμόζονται για σώματα κόμβων, κορμούς τοιχωμάτων, καθώς και για συνδέσεις κορμού - πελμάτων των πλακοδοκών και τοιχωμάτων.

Υψίκορμες δοκοί ή βραχείς πρόβολοι επιτρέπεται να αναλύονται και να σχεδιάζονται σύμφωνα με τις αρχές των μεθόδων πλαστικής ανάλυσης και θλιπτήρων – ελκυστήρων.

11.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΧΩΡΙΣ ΟΠΛΙΣΜΟ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ

11.1.1 Γενικά

Ο σχεδιασμός χωρίς οπλισμό διάτμησης περιορίζεται μόνον σε στοιχεία που έχουν μικρή σημασία ή σε στοιχεία με ικανότητα κατανομής του φορτίου σε διεύθυνση κάθετη τόσο προς τα φορτία όσο και προς το άνοιγμα και στα οποία δεν εμφανίζονται σημαντικές ορθές εφελκυστικές δυνάμεις (π.χ. συνήθεις πλάκες).

Για να μην απαιτείται οπλισμός διάτμησης πρέπει, σύμφωνα με την εξίσωση (6.1), η επιβαλλόμενη τέμνουσα σχεδιασμού να ικανοποιεί τη συνθήκη:

$$V_{Sd} \leq V_{Rd1} \quad (11.1)$$

όπου:

V_{Rd1} υπολογίζεται σύμφωνα με την παρ. 11.1.2.

Ο παραπάνω έλεγχος δεν είναι γενικά απαραίτητος για διατομές που βρίσκονται μεταξύ της παρειάς μίας άμεσης στήριξης και μέχρι απόστασης d από αυτήν. Είναι όμως απαραίτητος αν στο διάστημα αυτό υπάρχουν συγκεντρωμένα φορτία (βλ. παρ. 11.1.2.2), ή αν πρόκειται για παρειά μίας έμμεσης στήριξης.

11.1.2 Αντοχή σε τέμνουσα

11.1.2.1 Προσδιορισμός της V_{Rd1}

$$V_{Rd1} = \left[\tau_{Rd} k (1.20 + 40 \cdot \rho_\lambda) + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\right] \cdot b_w d \quad (11.2)$$

όπου:

b_w το πλάτος του στοιχείου,

τ_{Rd} τιμή σχεδιασμού διατμητικής αντοχής σύμφωνα με τον Πίν.11.1.1

k $1.60 - d \geq 1.00$ (d σε μέτρα)

ρ_λ $\frac{A_{s\lambda}}{b_w d} \leq 0.02$

σ_{cp} N_{Sd} / A_c

N_{Sd} ορθή δύναμη λόγω φόρτισης και προέντασης (θλίψη θετική)

$A_{s\lambda}$ διατομή διαμήκους εφελκυομένου οπλισμού, ο οποίος επεκτείνεται πέραν της διατομής στην οποία υπολογίζεται η V_{Rd1} κατά $d + \lambda_{b,net}$

d στατικό ύψος. Στην περίπτωση προεντεταμένων στοιχείων για τον προσδιορισμό του d θα λαμβάνεται υπόψη και η θέση των τενόντων στην εξεταζόμενη διατομή.

Πίνακας 11.1: Τιμές της τ_{Rd} σε MPa

f_{ck}	12	16	20	25	30	35	40	45	50
τ_{Rd}	0.18	0.22	0.26	0.30	0.34	0.37	0.41	0.44	0.48

11.1.2.2 Συγκεντρωμένα γραμμικά φορτία στην περιοχή των στηρίξεων

Εάν σε ένα στοιχείο ασκείται συγκεντρωμένο γραμμικό φορτίο σε απόσταση $a_v < 2.5 \cdot d$ από τον άξονα της στήριξης, η τιμή του τ_{Rd} που λαμβάνεται υπόψη στην εξίσωση (11.2) επιτρέπεται να αυξηθεί, πολλαπλασιαζόμενη με τον συντελεστή

$$\beta = \frac{2.5 \cdot d}{a_v} < 3.00 \qquad (11.3)$$

Για να ληφθεί ο συντελεστής β υπόψη στους υπολογισμούς, θα πρέπει να ικανοποιούνται οι παρακάτω συνθήκες:

α) Το φορτίο και η αντίδραση στήριξης είναι τέτοια ώστε να προκαλούν διαγώνια θλίψη στο στοιχείο (άμεση στήριξη),

β) • **Σε ακραία στήριξη:** ο απαιτούμενος εφελκυόμενος οπλισμός στην θέση του φορτίου επεκτείνεται μέχρι την στήριξη και αγκυρώνεται πέρα από την εσωτερική παρειά της (την παρειά που βρίσκεται προς την πλευρά εφαρμογής του συγκεντρωμένου φορτίου).

- **Σε ενδιάμεση στήριξη:** ο απαιτούμενος εφελκυόμενος οπλισμός στην παρειά της στήριξης επεκτείνεται και αγκυρώνεται πέραν της παρειάς σε μήκος τουλάχιστον $2.5d+\lambda_{b,net}$ (για το $\lambda_{b,net}$ βλέπε Κεφ. 17).

11.2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕ ΟΠΛΙΣΜΟ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ

11.2.1 Γενικά

Πρέπει να προβλέπεται ένας ελάχιστος οπλισμός για την ανάληψη τεμνουσών (παρ. 18.1.6, 18.3.4). Η κλίση του οπλισμού διάτμησης ως προς τον άξονα του στοιχείου δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 45°.

Λοξές ράβδοι θα χρησιμοποιούνται μόνον εφόσον υπάρχουν συγχρόνως και συνδετήρες τοποθετημένοι κατά γωνία 90° ως προς τον διαμήκη άξονα του στοιχείου, με εξαίρεση τον οπλισμό διάτμησης πλακών.

Σε αυτή την περίπτωση ο υπολογισμός θα πρέπει να εξασφαλίζει ότι το ποσοστό της τέμνουσας που αναλαμβάνεται από τους συνδετήρες είναι μεγαλύτερο από το ποσοστό που αναλαμβάνεται από τις λοξές ράβδους. Στην περίπτωση στοιχείων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας το ποσοστό που θα αναλαμβάνεται από συνδετήρες θα είναι τουλάχιστον 65%.

Για τον υπολογισμό της αντοχής σε τέμνουσα, η οριακή κατάσταση αστοχίας μπορεί απλοποιητικά να θεωρηθεί ότι χαρακτηρίζεται:

- είτε από διαγώνια θλίψη του σκυροδέματος, η οποία προκαλεί θραύση του κορμού,
- είτε από εφελκυσμό του οπλισμού διάτμησης, ο οποίος φθάνει την αντοχή σχεδιασμού του.

11.2.2 Διαδικασία ελέγχου

α) Έλεγχος περιορισμού λοξής θλίψης σκυροδέματος κορμού:

Οι διαστάσεις του κορμού πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να ικανοποιείται η σχέση:

$$V_{Sd} \leq V_{Rd2} \quad (11.4)$$

όπου το V_{Rd2} δίνεται από τις σχέσεις (11.7) και (11.8). Η παρειά άμεσης και έμμεσης στήριξης πρέπει απαραιτήτως να ελέγχεται.

β) Έλεγχος οπλισμού έναντι τεμνουσών:

Ο οπλισμός έναντι τεμνουσών θα υπολογίζεται από την συνθήκη:

$$V_{Sd} \leq V_{Rd3} \quad (11.5)$$

όπου:

$$V_{Rd3} = V_{wd} + V_{cd} \quad (11.6)$$

Για διατομές οι οποίες βρίσκονται σε απόσταση μικρότερη από το στατικό ύψος d από την παρειά μίας άμεσης στήριξης, ο έλεγχος της V_{Rd3} δεν είναι απαραίτητος, αλλά ο οπλισμός έναντι τεμνουσών που υπολογίζεται για τη διατομή σε απόσταση d πρέπει να συνεχίζεται μέχρι τη στήριξη.

11.2.3 Υπολογισμός αντοχών (τυπική μέθοδος)

11.2.3.1 Τέμνουσα αντοχής σχεδιασμού λόγω λοξής θλίψης κορμού

Για γραμμικά στοιχεία και τοιχώματα

$$V_{Rd2} = \frac{1}{2} \cdot v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \quad (11.7)$$

όπου:

$$v = 0.70 - \frac{f_{ck}}{200} \geq 0.50 \quad (f_{ck} \text{ σε } N/mm^2)$$

z μοχλοβραχίονας εσωτερικών δυνάμεων, ίσος με 0.90d συνήθως.

Εάν υπάρχουν ορθές θλιπτικές δυνάμεις η τιμή της V_{Rd2} που λαμβάνεται από την εξίσωση (11.7) μειώνεται σε $V_{Rd2,red}$ σύμφωνα με την εξίσωση (11.8).

$$V_{Rd2,red} = 1.67 \cdot V_{Rd2} \left(1.00 - \sigma_{cp,eff} / f_{cd}\right) < V_{Rd2} \quad (11.8)$$

όπου:

$$\sigma_{cp,eff} = \left(N_{Sd} - f_{yk} \cdot A_{s2} / \gamma_s\right) / A_c$$

και

A_{s2} η διατομή του οπλισμού στη θλιβόμενη ζώνη

f_{yk} η χαρακτηριστική τιμή του ορίου διαρροής του θλιβόμενου οπλισμού ($f_{yk} / \gamma_s \leq 400 N/mm^2$)

Εάν ο κορμός περιέχει σωλήνες τενόντων διαμέτρου $\varnothing > b_w / 8$, η V_{Rd2} πρέπει να υπολογίζεται με βάση ένα ονομαστικό πλάτος κορμού:

$$b_{w,nom} = b_w - \frac{1}{2} \Sigma \varnothing \quad (11.9)$$

όπου:

$\Sigma \varnothing$ άθροισμα διαμέτρων σωλήνων τενόντων στην δυσμενέστερη στάθμη.

11.2.3.2 Τέμνουσα αντοχής σχεδιασμού λόγω οπλισμού διάτμησης

11.2.3.2α Συνδυασμοί δράσεων που δεν περιλαμβάνουν σεισμό

Για όλα τα δομικά στοιχεία

$$V_{cd} = V_{Rd1} \quad (11.10)$$

$$V_{wd} = \frac{A_{sw}}{s} 0.90 \cdot d \cdot f_{ywd} (1 + \cot\alpha) \cdot \sin\alpha \quad (11.11)$$

όπου:

A_{sw} διατομή οπλισμού διάτμησης,

s απόσταση μεταξύ ράβδων οπλισμού διάτμησης,

α γωνία κλίσης οπλισμού διάτμησης.

11.2.3.2β Συνδυασμοί δράσεων που περιλαμβάνουν σεισμό

Διακρίνονται δύο περιπτώσεις αναλόγως της τιμής του λόγου $\nu_d = N_{Sd} / A_c f_{cd}$, όπου ως N_{Sd} λαμβάνεται η δρώσα αξονική δύναμη σχεδιασμού υπό τα οιονεί μόνιμα φορτία μόνο $(G_k + \sum \Psi_{2,i} Q_{k,i})$, βλ. παρ. 6.4.1.2.

I. Για $\nu_d > -0.10$ (στοιχεία κυρίως καμπτόμενα)

Ο όρος V_{cd} λαμβάνεται μειωμένος στις εξής περιοχές στοιχείων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας:

α) Για γραμμικά στοιχεία, στις κρίσιμες περιοχές που ορίζονται στην παρ. 18.3.3 και 18.4.5.

$$V_{cd} = 0.30 \cdot V_{Rd1} \quad (11.12)$$

β) Για τοιχώματα, στην κρίσιμη περιοχή που ορίζεται στην παρ. 18.5.2.

$$V_{cd} = 0.25 \cdot V_{Rd1} \quad (11.13)$$

Εκτός των παραπάνω περιοχών, καθώς και σε στοιχεία χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας, η τιμή του V_{cd} υπολογίζεται για γραμμικά στοιχεία και για τοιχώματα από την εξίσωση (11.10).

Για τον όρο V_{wd} ισχύουν τα ακόλουθα:

1) Στην περίπτωση γραμμικών στοιχείων, η συμβολή του οπλισμού κορμού στην αντοχή σε τέμνουσα εξαρτάται από την τιμή του λόγου ζ, όπου το ζ είναι ο λόγος της ελάχιστης προς την μέγιστη τέμνουσα σε μία διατομή ($+1 \geq \zeta \geq -1$):

α) Για $\zeta \geq -0.50$

Η τιμή του V_{wd} υπολογίζεται από την εξ. (11.11).

β) Για $\zeta < -0.50$

Αν $V_{Sd} \leq 4.50 \cdot (2+\zeta) \cdot \tau_{Rd} \cdot b_w \cdot d$ .... (11.14)

η τιμή του V_{wd} υπολογίζεται από την εξ. (11.11).

Αν $V_{Sd} \geq 9.00 \cdot (2+\zeta) \cdot \tau_{Rd} \cdot b_w \cdot d$ .... (11.15)

όλη η τέμνουσα πρέπει να αναληφθεί από δισδιαγώνιο οπλισμό κατά μήκος του κορμού. Δηλαδή, από ράβδους κεκλιμένες κατά δύο διευθύνσεις, οι οποίες εξισορροπούν με τις θλιπτικές και εφελκυστικές συνιστώσες τους τις τέμνουσες με αντίθετο πρόσημο.

Αν η V_{Sd} είναι μεταξύ των τιμών (11.14) και (11.15), η μισή τέμνουσα πρέπει να παραλαμβάνεται με συνδετήρες και η άλλη μισή με δισδιαγώνιες ράβδους.

Στην περίπτωση των τοιχωμάτων ισχύουν τα εξής:

α) Όταν ο λόγος διατμήσεως $\alpha_s\ (= M_{Sd} / V_{Sd} \cdot \lambda_w)$ είναι μεγάλος ($\alpha_s \geq 2.00$) ο όρος V_{wd} υπολογίζεται όπως και για τα γραμμικά στοιχεία.

β) Όταν ο λόγος διατμήσεως $\alpha_s\ (= M_{Sd} / V_{Sd} \cdot \lambda_w)$ είναι μικρός ($\alpha_s \leq 1.30$) ο όρος V_{wd} υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση (εμπειρική):

$$V_{wd} = \left[\rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot (\alpha_s - 0.30) + \rho_v \cdot f_{yd,v} (1.30 - \alpha_s)\right] \cdot b_w \cdot z$$

όπου:

ρ_h, ρ_v ποσοστό οπλισμού οριζόντιου και κατακόρυφου οπλισμού κορμού

$f_{yd,h}, f_{yd,v}$ τιμή σχεδιασμού του ορίου διαρροής του οριζόντιου και κατακόρυφου οπλισμού

Σε περίπτωση όπου $\alpha_s < 0.30$ θα λαμβάνεται υπόψη $\alpha_s = 0.30$.

Σε κάθε περίπτωση πρέπει να ελέγχεται ότι

$\rho_v \cdot f_{yd,v} / \rho_h \cdot f_{yd,h} \leq 1.00$.

γ) Για ενδιάμεσες τιμές του λόγου α_s ($2.00 > \alpha_s > 1.30$) πρέπει να διατάσσονται:

γ.1. Οριζόντιος οπλισμός κορμού, ικανός να παραλάβει δύναμη $V_{Sd} - V_{cd}$, δηλ.

$$\rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot b_w \cdot d_e = V_{Sd} - V_{cd}$$

γ.2 Κατακόρυφος οπλισμός κορμού, ικανός να παραλάβει δύναμη $V_{Sd} - V_{cd} - \min N_{Sd}$, δηλ.

$$\rho_v \cdot f_{yd,v} \cdot b_w \cdot d_e = V_{Sd} - V_{cd} - \min N_{Sd}$$

όπου η N_{Sd} λαμβάνεται με θετικό πρόσημο όταν είναι θλιπτική.

δ) Οι οριζόντιοι οπλισμοί κορμού των τοιχωμάτων πρέπει να είναι πλήρως αγκυρωμένοι στα περισφιγμένα άκρα (παρ. 18.5.3). Αν έχουν τη μορφή επιμήκων κλειστών συνδετήρων λαμβάνονται πλήρως υπόψη στον υπολογισμό της απαιτούμενης περισφίξεως των άκρων των τοιχωμάτων (παρ. 18.5.3).

ε) Οι κατακόρυφοι οπλισμοί κορμού των τοιχωμάτων πρέπει να αγκυρώνονται κατάλληλα και να ενώνονται με υπερκαλύψεις καθ' ύψος (παρ. 17.7.2). Αν έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά συνάφειας με τους οπλισμούς των περισφιγμένων άκρων λαμβάνονται πλήρως υπόψη στον υπολογισμό της ροπής αντοχής των τοιχωμάτων (παρ. 10.4.1).

II. Για $\nu_d \leq -0.10$ (στοιχεία υπό κάμψη με θλιπτική δύναμη).

α) Στις κρίσιμες περιοχές γραμμικών στοιχείων και τοιχωμάτων, με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας, ο όρος V_{cd} ισούται με:

$V_{cd} = 0.90 \cdot V_{Rd1}$ για γραμμικά στοιχεία ....(11.16)

$V_{cd} = 0.70 \cdot V_{Rd1}$ για τοιχώματα..(11.17)

β) Εκτός των παραπάνω περιοχών, καθώς και σε στοιχεία χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας, η τιμή του όρου V_{cd} υπολογίζεται για γραμμικά στοιχεία και τοιχώματα σύμφωνα με την εξίσωση (11.10).

γ) Η αντοχή του οπλισμού του κορμού V_{wd} δίνεται από την εξίσωση (11.11) για γραμμικά στοιχεία και από τα διαλαμβανόμενα στην υποπαράγραφο I.2 της παρ. 11.2.3.2β για τοιχώματα.

11.2.4 Μήκος μετατόπισης διαγράμματος ροπών κάμψης (τυπική μέθοδος)

Η τιμή του μήκους μετατόπισης a_λ του διαγράμματος των ροπών, η οποία πρέπει να ληφθεί υπόψη για την διάταξη των διαμήκων ράβδων του εφελκυόμενου πέλματος (κανόνας μετατόπισης διαγράμματος ροπών, βλ. και παρ. 17.8.1, 17.8.2), είναι:

$a_\lambda = z(1 - \cot\alpha)/2 \geq 0$ ....(11.18)

11.2.5 Εναλλακτική μέθοδος υπολογισμού αντοχών δοκών έναντι τέμνουσας (γενική μέθοδος)

Η μέθοδος βασίζεται στην εκτίμηση της γωνίας κλίσης θ των θλιβομένων διαγωνίων του σκυροδέματος.

Για τη γωνία θ ισχύουν οι παρακάτω περιορισμοί:

α) Σε περίπτωση δοκών με σταθερό διαμήκη οπλισμό

$$0.40 < \cot\theta < 2.50 \quad (11.19)$$

β) Σε περίπτωση δοκών με κλιμακούμενο διαμήκη οπλισμό

$$0.50 < \cot\theta < 2.00 \quad (11.20)$$

Σε στοιχεία με οπλισμό διάτμησης κάθετο προς τον άξονα του στοιχείου η αντοχή σε διάτμηση ορίζεται ως εξής (λαμβάνοντας υπόψη την συνήθη τιμή 0.90d για τον μοχλοβραχίονα z):

$$V_{Rd2} = b_w (0.90 \cdot d) \cdot v \cdot f_{cd} / (\cot\theta + \tan\theta) \quad (11.21)$$

$$V_{Rd3} = \frac{A_{sw}}{s}(0.90 \cdot d) \cdot f_{ywd} \cot\theta \quad (11.22)$$

και

$$\frac{A_{sw} \cdot f_{ywd}}{b_w \cdot s} \leq \frac{1}{2} \cdot v \cdot f_{cd} \quad (11.23)$$

Σε στοιχεία με κεκλιμένο οπλισμό διάτμησης, η αντοχή σε διάτμηση ορίζεται ως εξής:

$$V_{Rd2} = b_w (0.90 \cdot d) \cdot v \cdot f_{cd} \cdot (\cot\theta + \cot\alpha) / (1 + \cot^2\theta) \quad (11.24)$$

$$V_{Rd3} = \frac{A_{sw}}{s}(0.90 \cdot d) \cdot f_{ywd} (\cot\theta + \cot\alpha) \cdot \sin\alpha \quad (11.25)$$

και

$$\frac{A_{sw} \cdot f_{ywd}}{b_w \cdot s} \leq \frac{\frac{1}{2} \cdot v \cdot f_{cd} \cdot \sin\alpha}{1 - \cos\alpha} \quad (11.26)$$

Η πρόσθετη εφελκυστική δύναμη την οποία θα πρέπει να παραλάβει ο διαμήκης οπλισμός (πέραν της καταπόνησης λόγω μόνο της ροπής κάμψεως) προσδιορίζεται ως εξής:

$$\Delta F_{t\lambda} = \frac{1}{2} V_{Sd} (\cot\theta - \cot\alpha) \quad (11.27\alpha)$$

Ισοδυνάμως το μήκος μετατόπισης α_λ δίνεται από τη σχέση:

$$a_\lambda = z(\cot\vartheta - \cot\alpha)/2 \quad (11.27\beta)$$

Επισημαίνεται ότι παραλλήλως ισχύουν και οι πρόσθετες διατάξεις της παρ. 11.2.3.1 για την $V_{Rd2,red}$.

Η ανωτέρω εναλλακτική μέθοδος με τα προτεινόμενα όρια τιμών της γωνίας θ δεν συνιστάται στις περιπτώσεις δοκών από προεντεταμένο σκυρόδεμα.

11.3 ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΠΕΛΜΑΤΩΝ - ΚΟΡΜΟΥ

11.3.1 Γενικά

Οι συνδέσεις πελμάτων - κορμού πρέπει να ελέγχονται έναντι διαμήκους τέμνουσας δύναμης.

Πρέπει να προβλέπεται ελάχιστος οπλισμός σύμφωνα με την παρ. 18.3.6.

Η οριακή κατάσταση αστοχίας διέπεται είτε από την επιρροή της κεκλιμένης θλιπτικής δύναμης του πέλματος (η οποία ασκείται παράλληλα προς το μέσο επίπεδό του), είτε από την επιρροή του εφελκυόμενου εγκάρσιου οπλισμού όταν αυτός φθάσει την αντοχή σχεδιασμού του.

Η δρώσα διαμήκης τέμνουσα δύναμη ανά μονάδα μήκους είναι:

$$v_{Sd} = \frac{\Delta F_{d,max}}{a_v} \quad (11.28)$$

όπου:

$\Delta F_{d,max}$ μέγιστη τιμή της διαφοράς της διαμήκους δύναμης (εφελκυστικής ή θλιπτικής) η οποία ενεργεί στο τμήμα του πέλματος προς την μία πλευρά του κορμού,

a_v απόσταση ανάμεσα στα σημεία μηδενικής και μέγιστης ροπής κάμψης.

Η v_{Sd} δεν πρέπει να υπερβαίνει τα όρια που δίνονται από τις εξισώσεις (11.29) και (11.30).

11.3.2 Αντοχή λόγω λοξής θλίψης

$$v_{Rd2} = 0.20 \cdot f_{cd} \cdot h_f \quad (11.29)$$

11.3.3 Αντοχή λόγω εγκάρσιου οπλισμού

$$v_{Rd3} = \frac{A_{sf}}{s_f} f_{yd} + 2.50 \cdot \tau_{Rd} \cdot h_f \quad (11.30)$$

όπου το τ_{Rd} δίνεται στον Πίνακα 11.1.

Εάν οι διαμήκεις οπλισμοί (ράβδοι ή τένοντες) αγκυρώνονται σε μία προέκταση ενός εφελκυόμενου πέλματος, τότε πρέπει να διατάσσονται πρόσθετοι εγκάρσιοι οπλισμοί.

Εάν στη διατομή όπου $M = M_{max}$ η δύναμη στο πέλμα είναι εφελκυστική, κάθετα ή παράλληλα στον κορμό, τότε ο όρος $2.50 \cdot \tau_{Rd} \cdot h_f$ στη σχέση (11.30) μηδενίζεται.

11.3.4 Πέλματα υπό εγκάρσια κάμψη

Οι διατομές των οπλισμών κάμψης οι οποίοι διέρχονται από την διεπιφάνεια μεταξύ κορμού και πέλματος μπορούν να ληφθούν υπόψη στον υπολογισμό του A_{sf}. Εάν οι οπλισμοί αυτοί δεν επαρκούν για την ικανοποίηση της εξίσωσης (11.30) πρέπει να διαταχθούν πρόσθετοι οπλισμοί.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12

ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΑΠΟ ΣΤΡΕΨΗ

Το Κεφάλαιο αυτό ισχύει για γραμμικά στοιχεία υπό στρέψη και τέμνουσα και/ή με ορθή ένταση.

12.1 ΟΡΙΣΜΟΙ

α) Η στρέψη μπορεί να διακριθεί σε:

- *Άμεση στρέψη*: η στρεπτική ροπή είναι απαραίτητη για την ικανοποίηση των συνθηκών ισορροπίας (στρέψη ισορροπίας).
- *Έμμεση στρέψη*: η στρεπτική ροπή οφείλεται αποκλειστικά στην παρεμπόδιση της στροφής που εισάγεται από παρακείμενα στοιχεία (στρέψη συμβιβαστού). Στην περίπτωση αυτή, οι στρεπτικές ροπές δεν είναι απαραίτητες για την ισορροπία και μπορούν να αγνοηθούν στους υπολογισμούς οριακών καταστάσεων αστοχίας.

β) Επίσης η στρέψη μπορεί να διακριθεί σε:

- *Στρέψη Saint Venant*: η ισορροπία εξασφαλίζεται με μια κλειστή ροή διατμητικών τάσεων εκ στρέψεως.
- *Στρέψη με στρέβλωση*: λόγω της παρεμπόδισης της διαμήκους παραμορφώσεως, ο φορέας ανθίσταται στις επιβαλλόμενες στρεπτικές ροπές με την ανάπτυξη ορθών και πρόσθετων διατμητικών τάσεων.

12.2 ΣΤΡΕΨΗ SAINT VENANT

12.2.1 Γενικά

Ο υπολογισμός σε στρέψη γίνεται θεωρώντας μία κοίλη λεπτότοιχη κλειστή διατομή. Για τις πλήρεις (συμπαγείς) διατομές θεωρείται μία «ισοδύναμη κοίλη λεπτότοιχη κλειστή διατομή». Η διατομή αυτή ορίζεται ως εξής:

- η εξωτερική περίμετρός της συμπίπτει με αυτήν της πραγματικής διατομής,
- έχει ένα ισοδύναμο πάχος τοιχωμάτων $t = \max(A/u, 2c)$ (στην περίπτωση κοίλων διατομών, το πάχος t δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερο από το πραγματικό πάχος των τοιχωμάτων του).

όπου:

u είναι η περίμετρος της διατομής,

A η ολική επιφάνεια που περικλείεται από την εξωτερική περίμετρο (συμπεριλαμβανομένων και των εσωτερικών κενών στην περίπτωση κοίλων διατομών),

c η επικάλυψη των διαμήκων ράβδων.

Ο οπλισμός στρέψεως αποτελείται από κλειστούς (παρ. 17.9.1) συνδετήρες κάθετους προς τον άξονα της δοκού και από διαμήκεις ράβδους κατανεμημένες περίπου ομοιόμορφα κατά μήκος της περιμέτρου της διατομής. Διαμήκεις ράβδοι πρέπει να υπάρχουν σε όλες τις γωνίες της διατομής, ενώ παράλληλα πρέπει να προβλέπεται ένας ελάχιστος οπλισμός σύμφωνα με την παρ. 18.3.7.

Η οριακή κατάσταση αστοχίας διέπεται:

- είτε από την ροπή στρέψεως T_{Rd1} (βλ. παρ. 12.2.2) και την τέμνουσα V_{Rd2} (βλ. παρ. 11.2.3.1) που αντιστοιχούν στην αστοχία από λοξή θλίψη του σκυροδέματος των τοιχωμάτων της ισοδύναμης διατομής,
- είτε από την ροπή στρέψεως T_{Rd2} (βλ. παρ. 12.2.3.2) που αντιστοιχεί στην αστοχία των συνδετήρων,
- είτε από την ροπή στρέψεως T_{Rd3} (βλ. παρ. 12.2.3.3) που αντιστοιχεί στην αστοχία των διαμήκων οπλισμών.

Η δρώσα ροπή στρέψεως T_{Sd} και η αντίστοιχη δρώσα τέμνουσα δύναμη V_{Sd} πρέπει να ικανοποιούν ταυτοχρόνως τις παρακάτω συνθήκες:

- στις κοίλες διατομές:

$$(T_{Sd}/T_{Rd1}) + (V_{Sd}/V_{Rd2}) \leq 1.00 \quad (12.1\alpha)$$

- στις άλλες διατομές:

$$(T_{Sd}/T_{Rd1})^2 + (V_{Sd}/V_{Rd2})^2 \leq 1.00 \quad (12.1\beta)$$

$$T_{Sd} \leq T_{Rd2} \quad (12.2)$$

$$T_{Sd} \leq T_{Rd3} \quad (12.3)$$

Οι παραπάνω έλεγχοι πρέπει να γίνονται στην παρειά μιας άμεσης στήριξης.

Οι υπολογισμοί των αντοχών T_{Rd1}, T_{Rd2} και T_{Rd3} στηρίζονται στο πρότυπο ενός ιδεατού χωροδικτυώματος.

12.2.2 Ροπή αντοχής σχεδιασμού σε στρέψη λόγω θλίψης των τοιχωμάτων

$$T_{Rd1} = 2 \cdot v \cdot f_{cd} \cdot t \cdot A_k / (\cot\theta + \tan\theta) \quad (12.4)$$

όπου:

- t το πάχος της ισοδύναμης διατομής (βλ. παρ. 12.2.1)
- A_k η επιφάνεια που περικλείεται από την πολυγωνική γραμμή που διέρχεται από το μέσον των τοιχωμάτων (κατά την έννοια του πάχους) της ισοδύναμης λεπτότοιχης διατομής (συμπεριλαμβανομένων και των εσωτερικών κενών στην περίπτωση κοίλης διατομής),
- $v =$ $0.70(0.70 - f_{ck}/200) \geq 0.35$ (f_{ck} σε MPa). Η τιμή αυτή ισχύει στην περίπτωση όπου οι συνδετήρες βρίσκονται μόνον στην εξώτερη περίμετρο της ισοδύναμης διατομής. Αν όμως προβλέπονται κλειστοί συνδετήρες και στις δύο παρειές κάθε τοιχώματος της ισοδύναμης κοίλης διατομής ή στα τοιχώματα μιας κιβωτοειδούς διατομής, τότε μπορεί να ληφθεί $v = 0.70 - f_{ck}/200 \geq 0.50$,
- θ η γωνία των λοξών θλιπτήρων σκυροδέματος με τον διαμήκη άξονα του στοιχείου. Η γωνία θ πρέπει να εκλεγεί έτσι ώστε: $0.40 \leq \cot\theta \leq 2.50$.

12.2.3 Ροπή αντοχής σχεδιασμού σε στρέψη λόγω οπλισμού στρέψης

12.2.3.1 Γενικά

Οι οριακές τιμές των χαρακτηριστικών αντοχών για τον χάλυβα οι οποίες δίνονται στην παρ. 11.2.1 ισχύουν επίσης και για τους οπλισμούς στρέψης.

12.2.3.2 Κλειστοί συνδετήρες (παρ. 17.9.1)

Οι υπολογισμοί των συνδετήρων μπορούν να γίνουν, με την ίδια γωνία θ, χωριστά για στρέψη και για τέμνουσα.

Οι αντίστοιχες διατομές συνδετήρων προστίθενται.

Η ροπή αντοχής σε στρέψη λόγω συνδετήρων δίνεται από τη σχέση:

$$T_{Rd2} = 2 \cdot A_k \cdot (f_{ywd} \cdot A_{sw} / s)\cot\theta \quad (12.5)$$

όπου:

A_{sw} το εμβαδόν της διατομής των ράβδων που χρησιμοποιούνται ως συνδετήρες στρέψεως (το εμβαδόν του ενός σκέλους).

s η απόσταση των συνδετήρων (βλ. παρ. 18.3.7).

12.2.3.3 Διαμήκεις οπλισμοί

$$T_{Rd3} = 2 \cdot A_k \cdot (f_{y\lambda d} \cdot A_{s\lambda} / u)\tan\theta \quad (12.6)$$

όπου:

$A_{s\lambda}$ το άθροισμα των διατομών των διαμήκων ράβδων για την ανάληψη της στρέψεως. Οι διαμήκεις ράβδοι πρέπει να έχουν κατά το δυνατόν ίσες διατομές και να είναι ομοιόμορφα κατανεμημένες κατά μήκος της περιμέτρου u (βλ. παρ. 18.3.7),

θ η γωνία που έχει ληφθεί υπόψη για τον υπολογισμό των συνδετήρων.

12.2.4 Σύνθετη καταπόνηση από στρέψη με κάμψη και/ή αξονικές δυνάμεις

Ο διαμήκης οπλισμός θα προσδιορισθεί χωριστά για στρέψη, σύμφωνα με την παρ. 12.2.2.3 και χωριστά για ορθή ένταση σύμφωνα με το Κεφάλαιο 10.

- Στην λόγω κάμψης εφελκυόμενη ζώνη, οι οπλισμοί στρέψης προστίθενται στους οπλισμούς έναντι κάμψης και/ή αξονικής δύναμης,
- Στην λόγω κάμψης θλιβόμενη ζώνη οι οπλισμοί μπορούν να ελαττωθούν. Η μείωση αυτή εξαρτάται από το μέγεθος των θλιπτικών τάσεων λόγω κάμψης.

12.3 ΣΤΡΕΨΗ ΜΕ ΠΑΡΕΜΠΟΔΙΖΟΜΕΝΗ ΣΤΡΕΒΛΩΣΗ

Οι τάσεις που προκαλούνται από την παρεμποδιζόμενη στρέβλωση ενδέχεται να είναι σημαντικές και να πρέπει να ληφθούν υπόψη.

Γενικώς όμως οι τάσεις από παρεμποδιζόμενη στρέβλωση μπορούν να αγνοηθούν στην οριακή κατάσταση αστοχίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13

ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΑΠΟ ΔΙΑΤΡΗΣΗ

Το Κεφάλαιο αυτό αφορά κυρίως την διάτρηση πλακών σταθερού πάχους ωπλισμένων έναντι κάμψης σύμφωνα με τα Κεφάλαια 9 και 10. Αφορά επίσης την διάτρηση πεδίλων.

Η ίδια μεθοδολογία ελέγχου σε διάτρηση μπορεί να εφαρμοσθεί και σε πλάκες με ενισχύσεις, καθώς και σε πέδιλα (με κεκλιμένες παρειές), τηρουμένων των οδηγιών των παρ. 13.1. και 13.2.

Οι κανόνες που δίνονται στο Κεφάλαιο αυτό συμπληρώνουν τους κανόνες του Κεφαλαίου 11.

13.1 ΓΕΝΙΚΑ

13.1.1 Αρχές

Η διάτρηση μπορεί να προέλθει από φορτίο ή αντίδραση συγκεντρωμένη σε μικρή επιφάνεια των πλακών, η οποία ονομάζεται «φορτιζόμενη επιφάνεια».

Εφόσον για την φορτιζόμενη επιφάνεια ισχύουν:

- για κυκλική διατομή, η διάμετρος δεν υπερβαίνει το 3.50d,
- για ορθογωνική διατομή, η περίμετρός της δεν υπερβαίνει το 11d και ο λόγος μήκους προς πλάτος το 2,

  (d = το μέσο στατικό ύψος της πλάκας),

ο έλεγχος σε διάτρηση γίνεται όπως περιγράφεται στα επόμενα.

Η οριακή κατάσταση χαρακτηρίζεται από τον σχηματισμό ενός κόλουρου κώνου ή μιας κόλουρης πυραμίδας των οποίων η μικρή βάση συμπίπτει με τη φορτιζόμενη επιφάνεια, οι δε γενέτειρες είναι κεκλιμένες ως προς το επίπεδο της πλάκας συνήθως υπό γωνία μεταξύ 30^o και 35^o. Για μεμονωμένα πέδιλα αυτή η γωνία είναι περίπου 45^o.

Ο έλεγχος σε διάτρηση γίνεται στην «κρίσιμη διατομή» (που ορίζεται στην παρ. 13.2). Στην διατομή αυτή, οι δρώσες και οι ανθιστάμενες διατμητικές δυνάμεις ανά μονάδα μήκους πρέπει να ικανοποιούν την συνθήκη:

$$v_{Sd} \leq v_{Rd} \quad (13.1)$$

Οι τιμές των v_{Sd} και v_{Rd} προσδιορίζονται σύμφωνα με τις παρ. 13.3 και 13.4.

Όταν το πάχος της πλάκας ή της πλάκας θεμελίωσης δεν είναι αρκετό ώστε να εξασφαλισθεί η απαραίτητη αντοχή έναντι διάτρησης, μόνο από το σκυρόδεμα και από τον οπλισμό κάμψης, πρέπει να τοποθετείται οπλισμός διάτρησης σύμφωνα με την παρ. 13.4.

13.1.2 Υποστυλώματα με ενίσχυση ή διαπλάτυνση της κεφαλής

α) Για πλάκες επί κυκλικών υποστυλωμάτων με διαπλάτυνση της κεφαλής έτσι ώστε $\lambda_H \leq 1.5 h_H$, ο έλεγχος σε διάτρηση απαιτείται μόνο για την κρίσιμη διατομή (βλ. παρ. 13.2) στην πλάκα και όχι στην διαπλάτυνση, που απέχει από το κέντρο του υποστυλώματος απόσταση d_{crit} ίση με:

$d_{crit} = 1.5d + \lambda_H + 0.5d_C$ ....(13.2)

όπου:

d_C διάμετρος υποστυλώματος,

λ_H και h_H είναι, αντιστοίχως, η οριζόντια και η κατακόρυφη διάσταση της διαπλάτυνσης (πέραν της περιμέτρου του υποστυλώματος).

β) Για πλάκες επί κυκλικών υποστυλωμάτων με διαπλάτυνση της κεφαλής έτσι ώστε $\lambda_H > 1.5(d + h_H)$, ο έλεγχος σε διάτρηση απαιτείται:

- Και στην πλάκα (για ύψος d),

  σε διατομή που απέχει από το κέντρο του υποστυλώματος απόσταση:

  $d_{crit,ex} = 1.5d + \lambda_H + 0.5d_C$ ....(13.3)

- Και στην διαπλάτυνση (για ενεργό ύψος d_H),

  σε διατομή που απέχει από το κέντρο του υποστυλώματος απόσταση:

  $d_{crit,in} = 1.5(d + h_H) + 0.5d_C$ ....(13.4)

Ως ενεργό ύψος d_H της διαπλάτυνσης λαμβάνεται το πραγματικό μέσο στατικό ύψος στην θέση της κρίσιμης διατομής, και για τις διαπλατύνσεις με σταθερό ύψος και για τις διαπλατύνσεις με μεταβλητό ύψος.

γ) Για διαπλατύνσεις με $1.5h_H < \lambda_H \leq 1.5(d + h_H)$ ελέγχεται μια διατομή στην πλάκα σε απόσταση από το κέντρο του υποστυλώματος ίση με:

$d_{crit} = 1.5\lambda_H + 0.5d_C$ ....(13.5)

δ) Για ορθογωνικά υποστυλώματα (διατομής b X h) με ορθογωνικές διαπλατύνσεις, συνολικής διατομής $\lambda_1 X \lambda_2$ $(\lambda_1 \leq \lambda_2)$, όπου:

$\lambda_1 = b + 2 \cdot \lambda_{H1}, \lambda_2 = h + 2 \cdot \lambda_{H2}$

η κρίσιμη διατομή απέχει από το κέντρο του υποστυλώματος απόσταση ίση με την μικρότερη από τις:

$d_{crit} = 1.5d + 0.56 \cdot \sqrt{\lambda_1 \lambda_2}$ ....(13.6α)

ή

$d_{crit} = 1.5d + 0.69 \cdot \lambda_1$ ....(13.6β)

13.1.3 Πλάκες με νευρώσεις

Η βασική μέθοδος που χρησιμοποιείται για συμπαγείς πλάκες, μπορεί να εφαρμοσθεί και στις πλάκες με νευρώσεις (υπό την έννοια της παρ. 9.1.1), υπό την προϋπόθεση ότι θα είναι συμπαγείς σε όλο το ύψος τους σε περιοχή που εκτείνεται τουλάχιστον 3d γύρω από ένα υποστύλωμα.

Ο έλεγχος διάτρησης θα γίνεται στην κρίσιμη διατομή (παρ. 13.2), ενώ απαιτείται και ένας έλεγχος σε τέμνουσα στο πέρας της συμπαγούς ζώνης της πλάκας.

13.2 ΚΡΙΣΙΜΗ ΔΙΑΤΟΜΗ

Η κρίσιμη διατομή είναι μια επιφάνεια η οποία ορίζεται ως εξής:

- είναι κάθετη στο μέσο επίπεδο της πλάκας,
- έχει ύψος ίσο με το στατικό ύψος d της πλάκας,
- η περίμετρός της περιβάλλει την φορτιζόμενη επιφάνεια, μερικώς ή ολικώς. Η απόσταση μεταξύ της κρίσιμης διατομής και φορτιζόμενης επιφάνειας δεν είναι πουθενά μικρότερη από 1.50d και συγχρόνως η κρίσιμη διατομή έχει το μικρότερο δυνατό μήκος περιμέτρου.

Ειδικότερα, αυτή η περίμετρος καθορίζεται παρακάτω για διάφορες περιπτώσεις.

13.2.1 Φορτιζόμενη επιφάνεια μακριά από οπή ή ελεύθερο άκρο της πλάκας

Σε αυτή την περίπτωση, η περίμετρος της κρίσιμης διατομής είναι μία κλειστή γραμμή που περιβάλλει την φορτιζόμενη επιφάνεια κατά τα προαναφερθέντα.

13.2.2 Φορτιζόμενη επιφάνεια κοντά σε οπή της πλάκας

Εάν η μικρότερη απόσταση μεταξύ της παρειάς της οπής και της περιμέτρου της φορτιζόμενης επιφάνειας δεν υπερβαίνει τα 6d ή εάν η οπή βρίσκεται μέσα στην ζώνη στήριξης (προκειμένου περί πλακών χωρίς δοκούς), τότε δεν λαμβάνεται υπόψη το τμήμα της κρίσιμης διατομής, το οποίο περιλαμβάνεται μεταξύ των δύο εφαπτόμενων που φέρονται από το κέντρο βάρους της φορτιζόμενης επιφάνειας προς την περίμετρο της οπής.

Σημειώνεται όμως ότι εάν η μείωση αυτή της κρίσιμης περιμέτρου είναι σημαντική και εκτρέπει αισθητά το κέντρο βάρους της, τότε η φόρτιση θα πρέπει να αντιμετωπισθεί ως έκκεντρη, σύμφωνα με την παρ. 13.3.

13.2.3 Φορτιζόμενη επιφάνεια κοντά σε ελεύθερο άκρο της πλάκας

Τα τμήματα της κρίσιμης διατομής (όπως ορίστηκε στην παρ. 13.2.1) τα οποία βρίσκονται κοντά σε ελεύθερο άκρο πλάκας, πρέπει να αντικατασταθούν από τμήματα κάθετα προς τα άκρα, εφόσον το συνολικό μήκος της περιμέτρου που προκύπτει κατά αυτό τον τρόπο (μη λαμβανομένου υπόψη του μήκους του ελεύθερου άκρου) είναι μικρότερο από το μήκος της περιμέτρου της κρίσιμης διατομής, όπως ορίζεται στην παρ. 13.2.1.

13.3 ΔΡΩΣΑ ΤΕΜΝΟΥΣΑ ΔΥΝΑΜΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

α) Σε περίπτωση κεντρικού φορτίου ή αντίδρασης:

$$v_{Sd} = V_{Sd} / u \quad (13.7)$$

όπου:

v_{Sd} τέμνουσα δύναμη που δρα κατά μήκος της περιμέτρου u για πλάκες, ή κατά μήκος της βάσης του κώνου διάτρησης για πέδιλα και,

u η περίμετρος της κρίσιμης διατομής σύμφωνα με την παρ. 13.2.

β) Σε περίπτωση έκκεντρου φορτίου:

Στην περίπτωση αυτή η τιμή της v_{Sd} που προσδιορίζεται από την εξίσωση (13.7) πολλαπλασιάζεται επί ένα αυξητικό συντελεστή β, ο οποίος λαμβάνει υπόψη την εκκεντρότητα της φόρτισης. Εφόσον δεν είναι δυνατή η εκκεντρότητα του φορτίου το β=1.00. Στις άλλες περιπτώσεις λαμβάνεται:

- Για γωνιακά υποστυλώματα β=1.50,
- Για περιμετρικά υποστυλώματα β=1.40,
- Για εσωτερικά υποστυλώματα β=1.15.

13.4 ΤΕΜΝΟΥΣΑ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

13.4.1 Πλάκες ή πέδιλα χωρίς οπλισμό έναντι διάτρησης

Σε αυτήν την περίπτωση θα πρέπει:

$$v_{Sd} < v_{Rd1}$$

Η τιμή σχεδιασμού της διατμητικής δύναμης αντοχής ανά μονάδα μήκους της κρίσιμης διατομής δίνεται από τη σχέση:

$$v_{Rd1} = \tau_{Rd} \cdot \kappa \cdot (1.20 + 40\rho_\lambda) \cdot d \quad (13.8)$$

όπου:

τ_{Rd}	λαμβάνεται από τον Πίνακα 11.1
$\kappa =$	$1.60 - d \geq 1$ (d σε μέτρα)
$\rho_\lambda =$	$\sqrt{\rho_{\lambda x} \cdot \rho_{\lambda y}} \leq 0.015$
$\rho_{\lambda x}$ και $\rho_{\lambda y}$	ποσοστά διαμήκους οπλισμού κατά x και y
$d =$	$\frac{1}{2}(d_x + d_y)$
d_x και d_y	στατικά ύψη κατά x και y.

Τα ποσοστά οπλισμού $\rho\lambda_x$ και $\rho\lambda_y$ δεν πρέπει να είναι μικρότερα από 0.005. Η απαίτηση αυτή δεν ισχύει για πέδιλα με πάχος μεγαλύτερο από 0.50 μ.

Εάν η περιοχή της κρίσιμης διατομής της πλάκας καταπονείται από ορθές θλιπτικές δυνάμεις (περιλαμβανόμενης και της προέντασης), η τιμή της v_{Rd1} της σχέσης (13.8) μπορεί να αυξηθεί σύμφωνα με την εξίσωση (11.2).

13.4.2 Πλάκες ή πέδιλα με οπλισμό έναντι διάτρησης

13.4.2.1 Άνω όριο αντοχής

Ακόμα κι όταν τοποθετείται οπλισμός διάτρησης, η v_{Rd2} δεν μπορεί να υπερβαίνει την τιμή της παρακάτω σχέσης:

$$v_{Rd2} = 1.60\, v_{Rd1} \quad \text{.......... (13.9)}$$

13.4.2.2 Υπολογισμός οπλισμού διάτρησης

Γενικά ισχύει:

$$v_{Sd} < v_{Rd2}$$

$$v_{Sd} < v_{Rd3}$$

$$v_{Rd3} = v_{Rd1} + \sum A_{sw} \cdot f_{yd} \cdot \sin\alpha / u \quad \text{.......... (13.10)}$$

13.4.3 Ελάχιστες ροπές σχεδιασμού πλακών (στις θέσεις σύνδεσης με τα υποστυλώματα) λόγω έκκεντρης φόρτισης

Για εξασφάλιση της ανάπτυξης της τέμνουσας αντοχής (έναντι διάτρησης, σχέσεις 13.8 και 13.10) πρέπει οι πλάκες να σχεδιάζονται (στις θέσεις σύνδεσης με τα υποστυλώματα) για ελάχιστες ροπές σχεδιασμού (ανά μονάδα μήκους) m_{Sdx} και m_{Sdy} σύμφωνα με την σχέση (13.11) εκτός αν οι ροπές που προέκυψαν από την ανάλυση είναι μεγαλύτερες):

$$m_{Sdx}\ (\text{ή και } m_{Sdy}) \geq \eta\, V_{Sd} \quad \text{.......... (13.11)}$$

όπου:

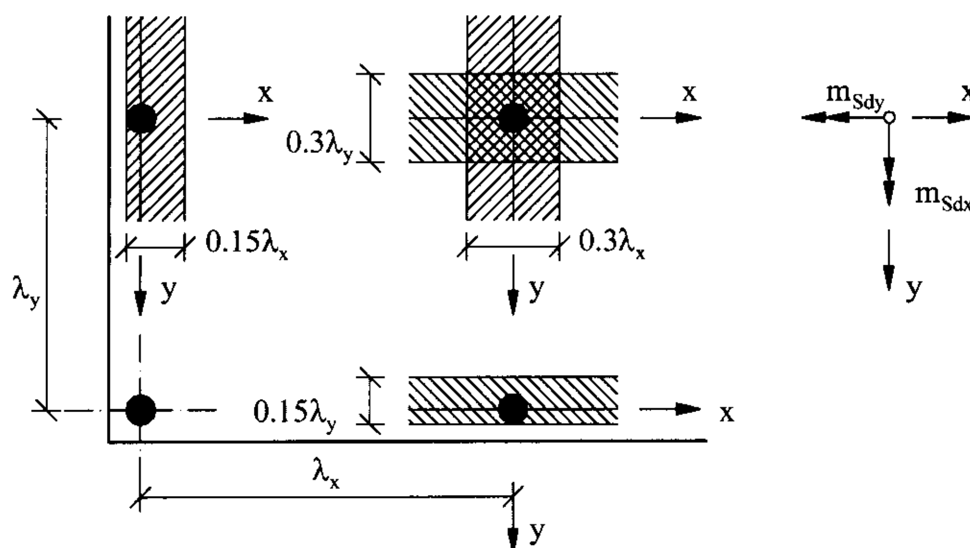
V_{Sd} είναι η δρώσα τέμνουσα δύναμη (σχέση 13.7)

η είναι ο συντελεστής ροπής, σύμφωνα με τον Πίνακα 13.1 ($0 \leq |\eta| \leq 0.5$) και το Σχ. 13.1.

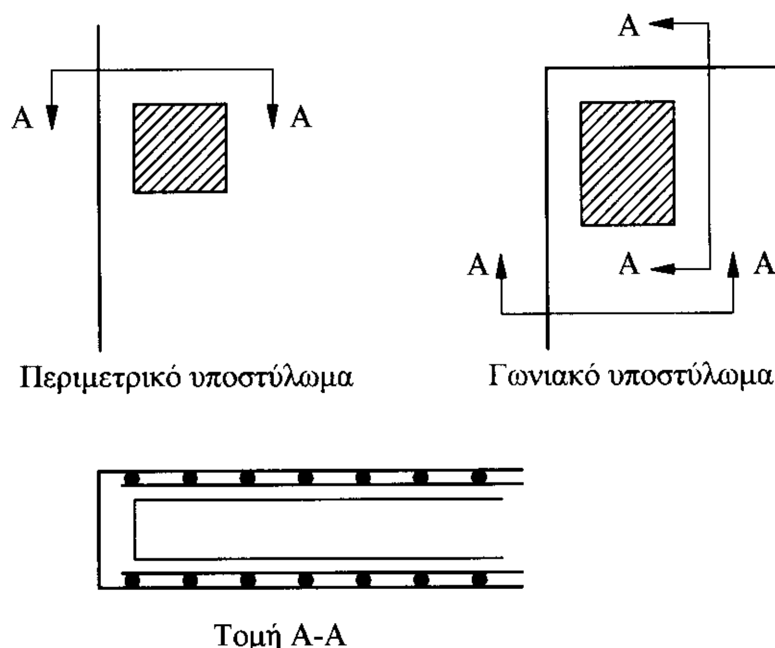
Για τον έλεγχο αυτών των ροπών, το ενεργό πλάτος της πλάκας δίνεται στον Πιν. 13.1. Επίσης, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη μόνο οι οπλισμοί που είναι επαρκώς αγκυρωμένοι πέραν της περιμέτρου της κρίσιμης διατομής (βλ. και Σχ. 13.2).

Πίνακας 13.1: Συντελεστής ροπής η, σχέση (13.11)

Θέση Υποστυλώματος	η για m_{Sdx}			η για m_{Sdy}		
	πάνω πέλμα	κάτω πέλμα	ενεργό πλάτος	πάνω πέλμα	κάτω πέλμα	ενεργό πλάτος
Εσωτερικό	-0.125	0	$0.3\,\lambda_y$	-0.125	0	$0.3\,\lambda_x$
Περιμετρικό, ακμή πλάκας παράλληλη προς x	-0.25	0	$0.15\,\lambda_y$	-0.125	+0.125	(ανά m)
Περιμετρικό, ακμή πλάκας παράλληλη προς y	-0.125	+0.125	(ανά m)	-0.25	0	$0.15\,\lambda_x$
Γωνιακό	-0.5	0.5	(ανά m)	+0.5	-0.5	(ανά m)



Σχήμα 13.1: Ροπές σχεδιασμού πλακών λόγω έκκεντρης φόρτισης και ενεργό πλάτος



Σχήμα 13.2: Διάταξη οπλισμού σε περιμετρικά και γωνιακά υποστυλώματα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14

ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΑΠΟ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΦΟΡΕΑ (ΛΥΓΙΣΜΟΣ)

14.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η εξασφάλιση της αντοχής και της ευστάθειας των κατασκευών επιβάλλει την εξέταση της επιρροής των παραμορφώσεων στην εντατική κατάσταση (θεωρία 2ας τάξης). Η φέρουσα ικανότητα ευλύγιστων κατασκευών ή ευλύγιστων μελών υπό θλίψη ενδέχεται να μειώνεται σημαντικά λόγω των φαινομένων 2ας τάξεως.

Η επιρροή των φαινομένων 2ας τάξεως θα αγνοείται εάν η σχετική αύξηση των καμπτικών ροπών 1ης τάξεως λόγω των παραμορφώσεων δεν είναι μεγαλύτερη του 10%.

Η εφαρμογή του Κεφαλαίου αυτού περιορίζεται σε μέλη από ωπλισμένο σκυρόδεμα υπό τη δράση αξονικού θλιπτικού φορτίου, με ή χωρίς κάμψη, όπου οι επιρροές της στρέψης είναι αμελητέες.

14.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ

Ο έλεγχος έναντι φαινομένων 2ας τάξεως πρέπει να εξασφαλίζει ότι, για τους πιο δυσμενείς συνδυασμούς των δράσεων στην οριακή κατάσταση αστοχίας, αφενός δεν θα υπάρξει υπέρβαση της αντοχής μεμονωμένων διατομών υπό τη δράση κάμψεως και αξονικής θλιπτικής δύναμης και αφετέρου δεν θα υπάρξει απώλεια ευστάθειας (τοπική ή στο σύνολο της κατασκευής).

Ο έλεγχος θα γίνεται προς κάθε διεύθυνση στην οποία ενδέχεται να υπάρξει αστοχία λόγω των φαινομένων της 2ας τάξεως.

Ο ακριβής έλεγχος των φαινομένων 2ας τάξεως απαιτεί ανάλυση της κατασκευής με στατική 2ας τάξεως και εν συνεχεία έλεγχο έναντι μεγεθών ορθής εντάσεως των κρίσιμων διατομών των μελών της κατασκευής. Η ανάλυση αυτή είναι όμως δυσχερής λόγω της γεωμετρικής μη-γραμμικότητας και της μη-γραμμικότητας των καταστατικών νόμων των υλικών (σκυροδέματος και χάλυβα). Γενικώς επιτρέπεται έλεγχος μεμονωμένων υποστυλωμάτων και πλαισίων με προσεγγιστικές μεθόδους, λεπτομέρειες των οποίων δίνονται στις επόμενες παραγράφους του Κεφαλαίου αυτού.

Η προσεγγιστική μεθοδολογία ελέγχου μεμονωμένων υποστυλωμάτων έναντι φαινομένων 2ας τάξεως συνοψίζεται στα εξής:

- Προσδιορισμός εάν το υποστύλωμα είναι ευλύγιστο ή μη (βλ. παρ. 14.4.6.β)). Μόνο τα ευλύγιστα υποστυλώματα χρειάζεται να ελεγχθούν έναντι των φαινομένων 2ας τάξεως.
- Επιλογή μεθοδολογίας ελέγχου των ευλύγιστων υποστυλωμάτων.

Η προσεγγιστική μεθοδολογία ελέγχου πλαισίων έναντι φαινομένων 2ας τάξεως συνοψίζεται στα εξής:

- Προσδιορισμός εάν το πλαίσιο είναι αμετάθετο ή μεταθετό (βλ. παρ. 14.3.1). Ο σχεδιασμός κτιρίων με μεταθετά πλαίσια δέον να αποφεύγεται για λόγους αντισεισμικής συμπεριφοράς.
- Τα αμετάθετα πλαίσια επιτρέπεται να αναλύονται με στατική 1ης τάξεως, δηλ. αγνοώντας τα φαινόμενα 2ας τάξεως στην ανάλυση, αλλά εν συνεχεία επιβάλλεται κάθε υποστύλωμα να ελέγχεται μεμονωμένα, με τα εντατικά μεγέθη που προέκυψαν από την ανάλυση, έναντι των φαινομένων 2ας τάξεως.

14.3 ΑΜΕΤΑΘΕΤΑ ΠΛΑΙΣΙΑ

Αμετάθετα είναι τα πλαίσια των οποίων οι κόμβοι παρουσιάζουν πολύ μικρές μετατοπίσεις υπό τις δράσεις σχεδιασμού.

Συγκεκριμένα, αμετάθετα είναι τα πλαίσια στα οποία η σχετική αύξηση των καμπτικών ροπών λόγω των παραμορφώσεων δεν είναι μεγαλύτερη από 10%. Θεωρείται ότι ο έλεγχος αυτός εξασφαλίζεται μέσω των πρακτικών κριτηρίων αμεταθετότητας που δίνονται παρακάτω.

Για λόγους αντισεισμικής συμπεριφοράς συνιστάται εν γένει ο σχεδιασμός αμετάθετων πλαισίων.

14.3.1 Ορισμός αμεταθετότητας πλαισίων

Τα πλαίσια μπορούν να θεωρηθούν ως αμετάθετα όταν ικανοποιούνται οι προϋποθέσεις των παρ. α ή β που ακολουθούν:

α) Γενικώς εάν σε κάθε όροφο ικανοποιείται η σχέση

$$\theta = \frac{N_{o\lambda} \cdot \Delta}{V_{o\lambda} \cdot h} \leq 0.10 \quad (14.1)$$

όπου:

$N_{o\lambda}, V_{o\lambda}$ είναι αντίστοιχα η συνολική αξονική και τέμνουσα δύναμη των κατακόρυφων στοιχείων του ορόφου,

h είναι το ύψος του ορόφου,

Δ είναι η υπολογιστική σχετική μετακίνηση των πλακών του ορόφου. Η τιμή του Δ θα λαμβάνεται από τη σχέση:

$$\Delta = q \cdot \Delta_{\varepsilon\lambda}$$

όπου:

q είναι ο συντελεστής συμπεριφοράς που χρησιμοποιήθηκε στην ανάλυση,

$\Delta_{\varepsilon\lambda}$ είναι η σχετική μετακίνηση των πλακών του ορόφου, μετρούμενη στο επίπεδο του δυσμενέστερου περιμετρικού πλαισίου, όπως προκύπτει από ελαστική ανάλυση είτε με την ισοδύναμη στατική μέθοδο είτε με τη δυναμική μέθοδο.

Ο περιορισμός του θ πρέπει να ελέγχεται ξεχωριστά σε δυο ορθογώνιες διευθύνσεις X και Y.

β) Για συνήθη οικοδομικά έργα, εάν τα κατακόρυφα στοιχεία ακαμψίας είναι επαρκώς ομοιόμορφα κατανεμημένα μέσα στο κτίριο και στη βάση του κτιρίου ικανοποιείται η ακόλουθη σχέση:

$$h_{tot}\sqrt{F_v / E_{cm} I} \leq 0.20 + 0.10n \quad \text{για} \quad n \leq 3 \quad (14.2)$$

$$h_{tot}\sqrt{F_v / E_{cm} I} \leq 0.60 \quad \text{για} \quad n \geq 4 \quad (14.3)$$

όπου:

n αριθμός ορόφων,

h_{tot} ολικό ύψος κατασκευής μετρούμενο από την υποτιθέμενη πάκτωση (δηλ. άνω στάθμη θεμελίων ή στάθμη οροφής πρακτικά απαραμόρφωτων υπογείων),

$E_{cm} I$ συνολική ακαμψία των κατακόρυφων στοιχείων (π.χ. τοιχώματα ή υποστυλώματα μη διακοπτόμενα καθ' ύψος) που εξασφαλίζουν το

αμετάθετο των κόμβων κατά την υπόψη διεύθυνση (βλ. παρ. 2.5.2 για το E_{cm}). Τα κατακόρυφα αυτά στοιχεία πρέπει να έχουν σταθερή διατομή σε όλο το ύψος του κτιρίου, διαφορετικά θα υπολογίζεται μία ισοδύναμη ακαμψία.

F_v άθροισμα όλων των κατακόρυφων φορτίων λειτουργίας ($G_k + Q_k$), δηλ. για $\gamma_f = 1$.

14.3.2 Πρόσθετη κλίση

Για κάλυψη διαφόρων επιρροών, πρέπει στον υπολογισμό (κατά την παρ. 14.3.1.α) να λαμβάνεται υπόψη μια πρόσθετη κλίση «α» όλων των κατακόρυφων στοιχείων (υποστυλώματα, τοιχώματα κλπ.) ως προς την κατακόρυφο με τιμή

$$\alpha = \frac{1}{100\sqrt{h_{tot}}} \text{rad} \quad \text{..........} (14.4)$$

όπου:

h_{tot} ολικό ύψος κατασκευής (σε m).

όταν τα φαινόμενα 2ας τάξης δεν είναι αμελητέα $\alpha \geq 1/200$, ενώ όταν είναι αμελητέα $\alpha \geq 1/400$.

Επιπρόσθετα επιτρέπεται για την περίπτωση κτιρίων με υποστυλώματα, που σε όλους τους ορόφους συντρέχουν σε κόμβους με δοκούς, ώστε να μορφώνεται πλαίσιο στη δεδομένη διεύθυνση, να πολλαπλασιάζεται η παραπάνω τιμή του α επί τον μειωτικό συντελεστή $\sqrt{\left(1 + \frac{1}{n}\right)/2}$

όπου:

n ο αριθμός των στηλών υποστυλωμάτων.

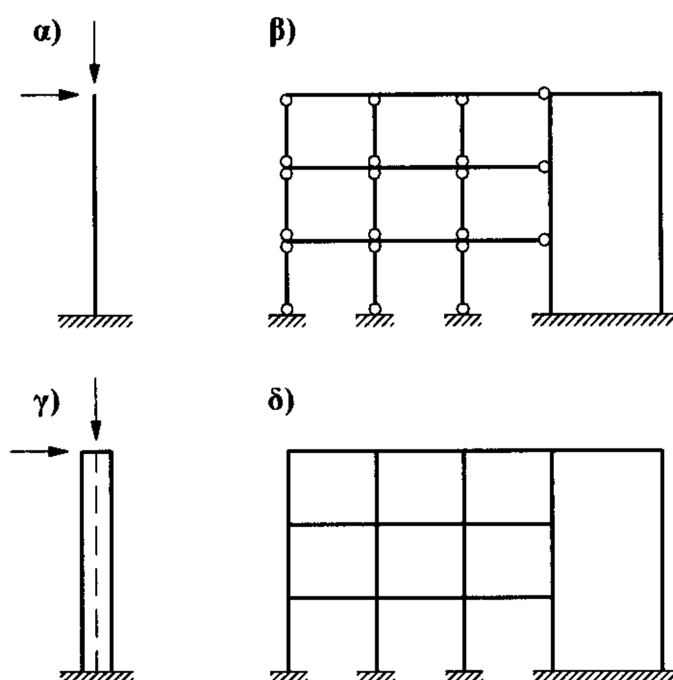
14.4 ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΑ ΘΛΙΒΟΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

14.4.1 Γενικά

Μεμονωμένα θλιβόμενα στοιχεία μπορεί να είναι:

Μεμονωμένα υποστυλώματα (Σχήμα 14.1.α) και β))

Θλιβομενα στοιχεία τμήματα φέροντα οργανισμού, τα οποία για τους σκοπούς της μελέτης θεωρούνται ως μεμονωμένα υποστυλώματα (Σχήμα 14.1.γ) και δ)) με μήκος λυγισμού λ_0 κατά την παρ. 14.4.2.

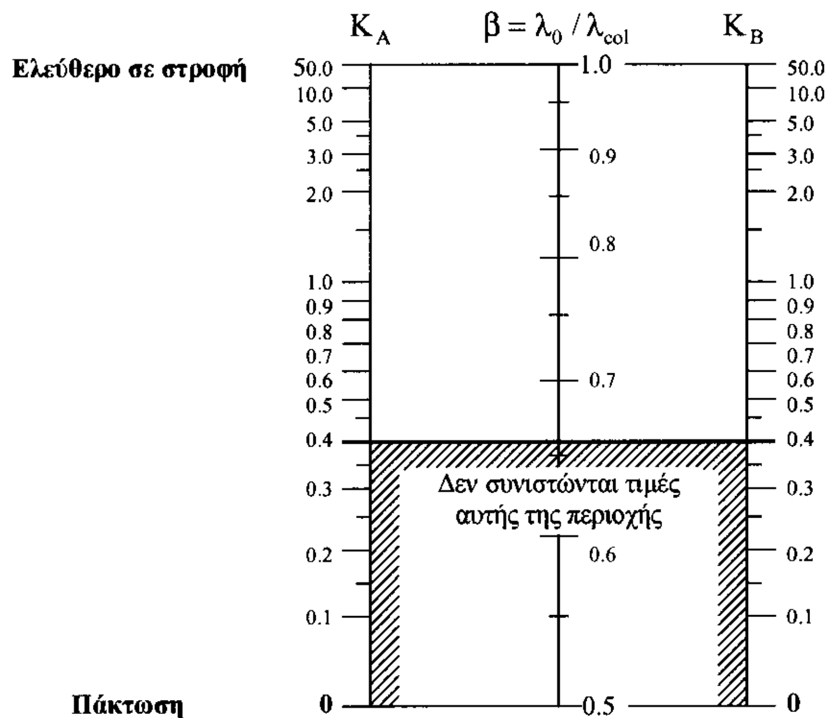


Σχήμα 14.1: Τύποι μεμονωμένων υποστυλωμάτων

α) μεμονωμένο υποστύλωμα
β) αρθρωτά συνδεδεμένα υποστυλώματα σε αμετάθετα πλαίσια φέροντα οργανισμού
γ) ευλύγιστο στοιχείο παγιώσεως, θεωρούμενο ως μεμονωμένο υποστύλωμα
δ) πακτωμένα υποστυλώματα σε αμετάθετο φέροντα οργανισμό

14.4.2 Μήκος λυγισμού

Για συνήθη κτίρια, το ισοδύναμο μήκος ενός υποστυλώματος $\lambda_o = \beta \cdot \lambda_{col}$ μπορεί να προσδιοριστεί με βάση το Νομογράφημα του Σχήματος 14.2, που δίνεται παρακάτω, όπου οι συντελεστές K_A και K_B συμβολίζουν τις δυσκαμψίες πακτώσεως στα άκρα του υποστυλώματος:



Σχήμα 14.2: Νομογράφημα για τον υπολογισμό του ισοδύναμου μήκους υποστυλωμάτων σε αμετάθετα πλαίσια

$$K_A\ (\text{ή}\ K_B) = \frac{\sum(E_{cm} \cdot I_{col} / \lambda_{col})}{\sum(E_{cm} \cdot \alpha \cdot I_b / \lambda_{eff})} \quad (14.5)$$

όπου:

E_{cm} μέτρο ελαστικότητας του σκυροδέματος (παρ. 2.5.2),

I_{col}, I_b ροπή αδράνειας (της πλήρους διατομής) του υποστυλώματος ή της δοκού αντιστοίχως,

λ_{col} ύψος του υποστυλώματος μεταξύ των κέντρων των δεσμεύσεων στα άκρα,

λ_{eff} μήκος δοκού, μετρούμενο μεταξύ των κέντρων των πακτώσεων,

α συντελεστής που λαμβάνει υπόψη τις συνθήκες πακτώσεως της δοκού στο απέναντί της άκρο,

α = 1.00 για απέναντι άκρο ελαστικά ή πλήρως πακτωμένο,

α = 0.50 για απέναντι άκρο ελευθέρως στρεπτό,

α = 0 για δοκό πρόβολο.

Τιμές του K_A ή K_B μικρότερες του 0.40 δεν συνιστώνται να χρησιμοποιούνται.

14.4.3 Πρόσθετη εκκεντρότητα

Για την κάλυψη ατελειών και αβεβαιοτήτων που δεν λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη μια πρόσθετη εκκεντρότητα, e_a, του σημείου εφαρμογής της συνισταμένης των εξωτερικών αξονικών δυνάμεων, κατά την περισσότερο δυσμενή διεύθυνση, που δίνεται από τη σχέση:

$$e_a = \alpha \frac{\lambda_o}{2} \qquad (14.6)$$

όπου:

α απόκλιση του υποστυλώματος από την κατακόρυφο ίση με

$$\alpha = \frac{1}{100\sqrt{\lambda_{col}}} \text{rad} \qquad (14.7)$$

λ_o μήκος λυγισμού του μεμονωμένου θλιβόμενου στοιχείου (βλ. παρ. 14.4.1. και 14.4.2),

λ_{col} υψος υποστυλώματος (σε m).

όταν τα φαινόμενα 2ας τάξης δεν είναι αμελητέα $\alpha \geq 1/200$ ενώ όταν είναι αμελητέα $\alpha \geq 1/400$.

14.4.4 Εκκεντρότητες υπολογισμού

Η ολική εκκεντρότητα που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τον υπολογισμό υποστυλώματος σταθερής διατομής (σκυροδέματος και οπλισμού) στην πλέον εντεινόμενη διατομή (κρίσιμη διατομή) είναι:

$$e_{tot} = e_0 + e_a + e_2 \qquad (14.8)$$

όπου:

e_0 εκκεντρότητα 1ης τάξεως $= M_{Sd1} / N_{Sd}$,

M_{Sd1} δρώσα ροπή σχεδιασμού 1ης τάξεως,

N_{Sd} δρώσα αξονική δύναμη σχεδιασμού,

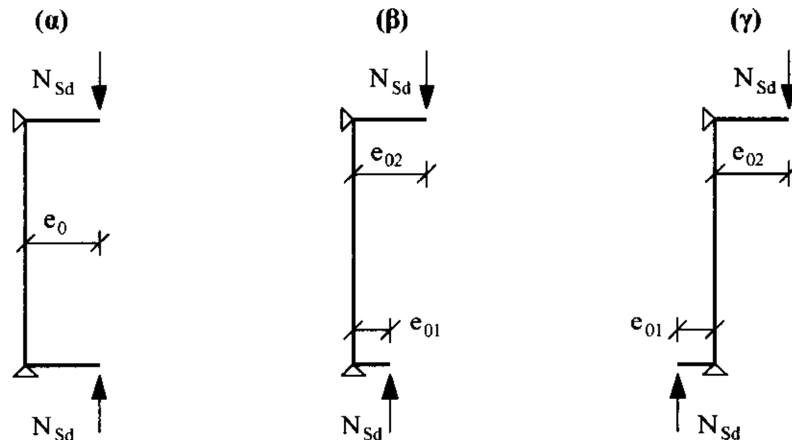
e_a πρόσθετη εκκεντρότητα σύμφωνα με την εξίσωση (14.6),

e_2 εκκεντρότητα 2ας τάξεως, χρησιμοποιώντας τις προσεγγιστικές μεθόδους της παρ. 14.4.7.1.

Στα υποστυλώματα σταθερής διατομής (σκυροδέματος και οπλισμού) που καταπονούνται με ροπές των οποίων το διάγραμμα μεταβάλλεται γραμμικά και οι εκκεντρότητες τους στα άκρα έχουν διαφορετικές τιμές ή / και πρόσημα (βλ. Σχήμα 14.3), λαμβάνεται ως e_0 στην κρίσιμη διατομή η μεγαλύτερη από τις ακόλουθες τιμές:

$$e_0 = 0.6 \cdot e_{02} + 0.4 \cdot e_{01} \quad (14.9)$$

$$e_0 = 0.4 \cdot e_{02}, \text{ για } |e_{02}| \geq |e_{01}| \quad (14.10)$$



Σχήμα 14.3: Εκκεντρότητες στα άκρα του υποστυλώματος

14.4.5 Επιρροή του ερπυσμού

Η επιρροή του ερπυσμού πρέπει εν γένει να λαμβάνεται υπόψη εάν οδηγεί σε σημαντική αύξηση των φαινομένων 2ας τάξεως.

Στα αμετάθετα πλαίσια οι ερπυστικές παραμορφώσεις επιτρέπεται να παραλείπονται όταν τα λυγηρά θλιβομενα στοιχεία συνδέονται μονολιθικά στα άκρα τους με πλάκες, δοκούς ή θεμέλια.

14.4.6 Έλεγχος λυγηρότητας

α) Η λυγηρότητα λ ισούται με

$$\lambda = \lambda_o / i \quad (14.11)$$

όπου:

λ_o ισοδύναμο μήκος, το οποίο υπολογίζεται με βάση την παρ. 14.4.2,

i ακτίνα αδρανείας του υποστυλώματος κατά την εξεταζόμενη διεύθυνση

$$i = \sqrt{I_c / A_c} \quad (14.12)$$

β) Ένα μεμονωμένο υποστύλωμα θεωρείται ευλύγιστο εάν ικανοποιείται η ακόλουθη συνθήκη:

$$\lambda > \max\left(25, \frac{15}{\sqrt{v_d}}\right) \quad (14.13)$$

όπου v_d ανηγμένη αξονική δύναμη σχεδιασμού υπό το βασικό συνδυασμό οριακής κατάστασης αστοχίας.

$$v_d = \frac{|N_{Sd}|}{A_c \cdot f_{cd}} \quad \text{..................} (14.14)$$

γ) Υποστυλώματα σε αμετάθετα συστήματα χωρίς εγκάρσια φορτία μεταξύ των ακρών των δεν απαιτείται να υπολογιστούν κατά την θεωρία 2ας τάξεως και όταν ακόμη δεν ικανοποιούν τη συνθήκη (14.13) εφόσον η λυγηρότητάς τους είναι μικρότερη ή ίση με την τιμή κατά την εξίσωση (14.15).

$$\lambda_{crit} = 25 \cdot (2 - e_{01}/e_{02}) \quad \mu\varepsilon \ |e_{02}| \geq |e_{01}| \quad \text{..................} (14.15)$$

Τα άκρα του υποστυλώματος πρέπει να διαστασιολογηθούν για τα ακόλουθα εντατικά μεγέθη σχεδιασμού αντοχής:

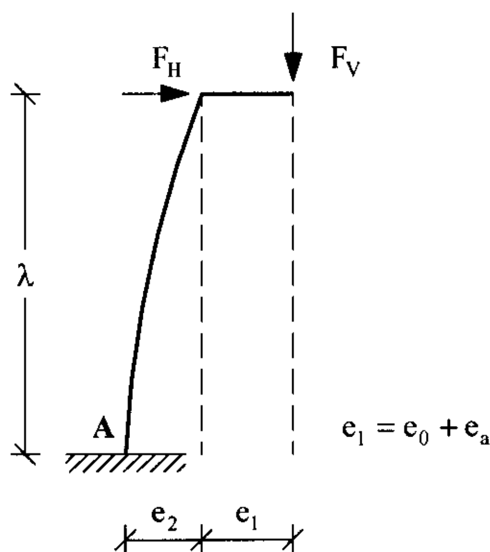
$$M_{Rd} \geq N_{Sd} \cdot h/20 \quad \text{..................} (14.16)$$

$$N_{Rd} \geq N_{Sd} \quad \text{..................} (14.17)$$

14.4.7 Έλεγχος μεμονωμένων θλιβόμενων στοιχείων

14.4.7.1 Γενικά

Για τον έλεγχο μεμονωμένων θλιβόμενων στοιχείων εφαρμόζεται η μέθοδος πρότυπου υποστυλώματος όταν $\lambda \leq 140$ και σε ορθογωνικές ή κυκλικές διατομές στις οποίες η εκκεντρότητα 1ης τάξεως ικανοποιεί τη συνθήκη $e_o \geq 0.10h$ (h= ύψος της διατομής στο επίπεδο υπό έλεγχο).



Σχήμα 14.4: Πρότυπο υποστύλωμα

«Πρότυπο» υποστύλωμα είναι ένα κατακόρυφο στοιχείο που:

- είναι πακτωμένο στη βάση και ελεύθερο στην κορυφή (Σχήμα 14.4),
- κάμπτεται με απλή καμπυλότητα λόγω φορτίων (αξονικών ή συγκεντρωμένων / κατανεμημένων οριζόντιων) ή / και ροπής στην κορυφή,
- έχει πρακτικώς σταθερές διαστάσεις διατομής και σταθερούς οπλισμούς καθ'ύψος,
- το μέγιστο βέλος e_2 (εκκεντρότητα 2ας τάξεως) και η καμπυλότητα, $1/r$, στη βάση του υποστυλώματος μπορεί να θεωρηθεί ότι συνδέονται μέσω της προσεγγιστικής σχέσης.

$$e_2 = K_1 \frac{\lambda_o^2}{10} \frac{1}{r} \quad \text{.......... (14.18)}$$

όπου:

λ_o = 2λ μήκος λυγισμού

$1/r$ καμπυλότητα στη βάση

$K_1 = \lambda/10 - 2.5$ για $25 \leq \lambda \leq 35$

$K_1 = 1$ για $\lambda > 35$.

Σε περιπτώσεις όπου δεν χρειάζεται μεγαλύτερη ακρίβεια, η καμπυλότητα $1/r$ μπορεί να υπολογιστεί απλοποιητικά από τη σχέση:

$$\frac{1}{r} = \frac{2 \cdot K_2 \cdot \varepsilon_{yd}}{0.90 \cdot d} \quad \text{.......... (14.19)}$$

όπου:

ε_{yd} ανηγμένη παραμόρφωση στο όριο διαρροής του οπλισμού = f_{yd} / E_s

d στατικό ύψος της διατομής στο επίπεδο υπό έλεγχο

$$K_2 = \frac{N_{Rd} - N_{Sd}}{N_{Rd} - N_{bal}} \leq 1.00 \quad \text{.......... (14.20)}$$

όπου:

N_{Rd} αξονικό φορτίο αντοχής σχεδιασμού σε κεντρική θλίψη $= 0.85 \cdot f_{cd} \cdot A_c + f_{yd} \cdot A_s$

N_{Sd} δρον αξονικό φορτίο σχεδιασμού

N_{bal} φορτίο, το οποίο όταν ασκείται στη διατομή μεγιστοποιείται η ροπή αντοχής. Για συμμετρικά ωπλισμένες ορθογωνικές διατομές, μπορεί να ληφθεί προσεγγιστικά ίσο με $0.40 \cdot f_{cd} \cdot A_c$.

14.4.7.2. Διαξονική Κάμψη

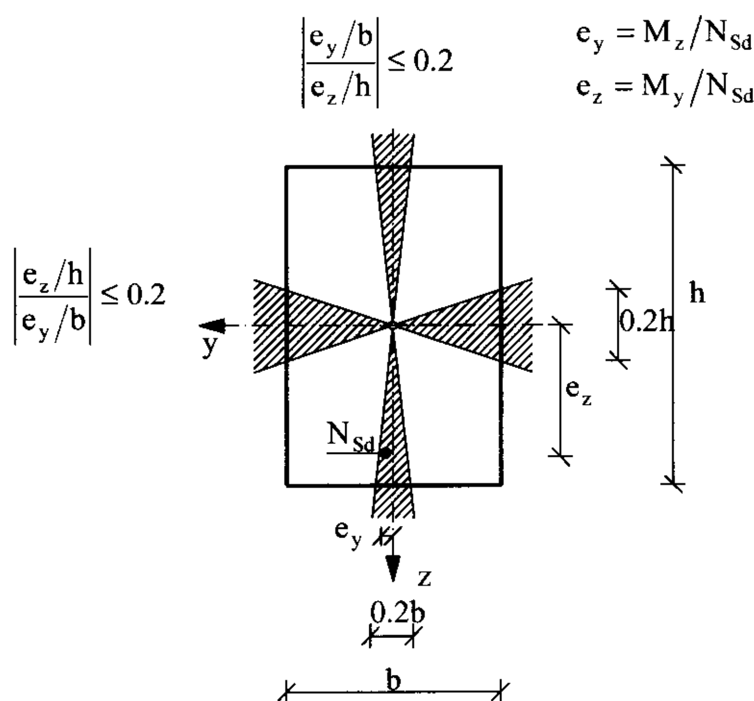
Ο έλεγχος υποστυλωμάτων υπό διαξονική κάμψη με αξονική θλιπτική δύναμη έναντι φαινομένων 2ας τάξεως πρέπει εν γένει να γίνει με κατάλληλες ακριβείς μεθόδους.

Σε υποστυλώματα ορθογωνικής διατομής, επιτρέπεται χάριν απλοποιήσεως να γίνουν χωριστοί έλεγχοι έναντι φαινομένων 2ας τάξεως στα δύο κύρια επίπεδα y και z (δηλ. δύο έλεγχοι μονοαξονικής κάμψεως και θλιπτικής δύναμης) υπό την προϋπόθεση ότι οι λόγοι των αντίστοιχων εκκεντρότητων e_y/b και e_z/h ικανοποιούν μία από τις παρακάτω συνθήκες:

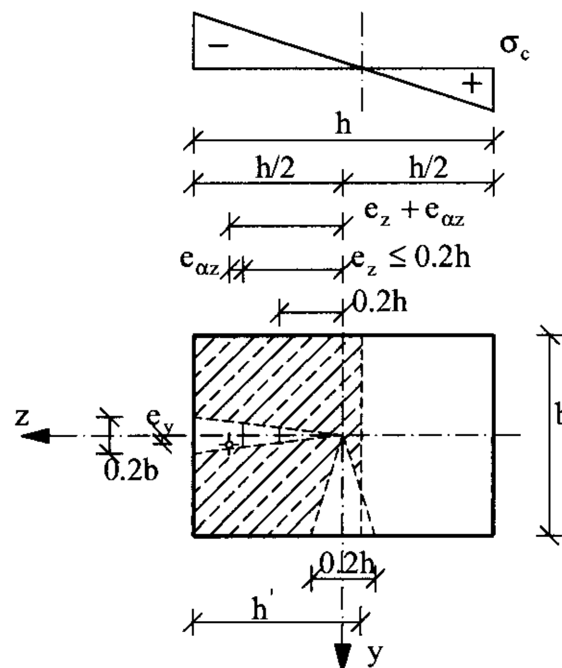
$$(e_z/h)/(e_y/b) \leq 0.20 \quad (14.21)$$

$$(e_y/b)/(e_z/h) \leq 0.20 \text{ και } e_z \leq 0.2 \cdot h \quad (14.22)$$

Οι εκκεντρότητες e_y και e_z είναι οι εκκεντρότητες 1ης τάξεως στην κατεύθυνση των διαστάσεων b και h της διατομής αντιστοίχως. Οι γεωμετρικές ατέλειες της παρ. 14.4.3 θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στα επίπεδα των δύο χωριστών ελέγχων.



Σχήμα 14.5: Παραδοχή για χωριστούς ελέγχους στα δύο κύρια επίπεδα



Σχήμα 14.6: Χωριστός έλεγχος περί τον δευτερεύοντα άξονα όταν $e_z \leq 0.20h$

Εάν $e_z > 0.20h$, στους παραπάνω χωριστούς ελέγχους πρέπει ο έλεγχος για κάμψη περί τον δευτερεύοντα άξονα της διατομής (z στο παραπάνω σχήμα) να βασίζεται στο μειωμένο πλάτος h' όπως δίνεται στο σχήμα 14.6. Η τιμή του h' μπορεί να προσδιοριστεί με την παραδοχή της γραμμικής κατανομής των τάσεων, δηλ. από τη σχέση:

$$N_{Sd} / A_c - N_{Sd}(e_z + e_{az}) / W_{cz} = 0 \quad \text{.......} (14.23)$$

όπου:

W_{cz} ροπή αντιστάσεως της διατομής σκυροδέματος μόνο,

e_{az} πρόσθετη εκκεντρότητα λόγω γεωμετρικών ατελειών (παρ. 14.4.3) στη διεύθυνση z.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 15

ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ ΑΠΟ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗ

15.1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

Η ρηγμάτωση είναι πρακτικώς αναπόφευκτη στις κατασκευές ωπλισμένου σκυροδέματος. Η εμφάνιση ρωγμών όμως δεν συνεπάγεται αφ' εαυτής έλλειψη λειτουργικότητας ή ανθεκτικότητας της κατασκευής.

Ο έλεγχος της οριακής κατάστασης λειτουργικότητας από ρηγμάτωση γίνεται για να ικανοποιηθούν οι παρακάτω απαιτήσεις:

α) Η λειτουργία της κατασκευής δεν πρέπει να εμποδίζεται λόγω σχηματισμού ρωγμών.

β) Η ανθεκτικότητα σε διάρκεια της κατασκευής πρέπει να εξασφαλίζεται.

γ) Η εμφάνιση της κατασκευής δεν πρέπει να επηρεάζεται δυσμενώς.

δ) Η πλαστιμότητα των δομικών στοιχείων δεν πρέπει να επηρεάζεται δυσμενώς.

Τα κριτήρια σχεδιασμού που δίνονται στο Κεφάλαιο αυτό θεωρείται ότι ικανοποιούν τις απαιτήσεις αυτές, εκτός εάν επιβάλλονται άλλοι ειδικοί κανόνες.

15.2 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Ο περιορισμός της εγκάρσιας ρηγμάτωσης (καθέτως προς τις ράβδους του οπλισμού), ώστε να ικανοποιούνται οι γενικές απαιτήσεις της παρ. 15.1, επιτυγχάνεται όταν ικανοποιούνται ταυτόχρονα τα παρακάτω κριτήρια α) και β):

α) Με έλεγχο (περιορισμό) του ανοίγματος ρωγμών, για στοιχεία από ωπλισμένο σκυρόδεμα σύμφωνα με την παρ. 15.3, είτε με έλεγχο των τάσεων σκυροδέματος για στοιχεία από προεντεταμένο σκυρόδεμα σύμφωνα με την παρ. 15.4.

β) Με τοποθέτηση ελάχιστου οπλισμού σύμφωνα με την παρ. 15.5.

Ο περιορισμός της διαμήκους ρηγμάτωσης (παραλλήλως προς τις ράβδους του οπλισμού) ώστε να ικανοποιούνται οι γενικές απαιτήσεις της παρ. 15.1, επιτυγχάνεται:

α) με κατάλληλη εκλογή της επικάλυψης σκυροδέματος ώστε να εξασφαλισθεί η πλήρης ανάπτυξη της συνάφειας χωρίς να συμβεί διαμήκης ρηγμάτωση (βλ. παρ. 17.3 και 17.5) και

β) με περιορισμό των τάσεων του σκυροδέματος (βλ. παρ. 15.4).

15.3 ΕΛΕΓΧΟΣ (ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΣ) ΤΟΥ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ ΡΩΓΜΩΝ

Ο έλεγχος για περιορισμό του ανοίγματος ρωγμών γίνεται είτε απλοποιητικά, σύμφωνα με την παρ. 15.3.1, είτε αναλυτικά σύμφωνα με την παρ. 15.3.2. Στην πρώτη περίπτωση η ικανοποίηση του ελέγχου θεωρείται ότι εξασφαλίζει τον περιορισμό του ανοίγματος των ρωγμών κάτω από μία ονομαστική τιμή 0.3mm για ωπλισμένο σκυρόδεμα και 0.20 mm για προεντεταμένο σκυρόδεμα. Στη δεύτερη περίπτωση η υπολογιστική τιμή του ανοίγματος ρωγμής πρέπει να μην υπερβαίνει τις παραπάνω ονομαστικές τιμές.

Διευκρινίζεται ότι και στις δύο περιπτώσεις η πραγματική τιμή του ανοίγματος των ρωγμών που θα εμφανισθούν στο έργο μπορεί να υπερβαίνει την παραπάνω ονομαστική τιμή χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν ικανοποιείται ο έλεγχος της οριακής κατάστασης λειτουργικότητας από ρηγμάτωση.

15.3.1 Απλοποιητικός έλεγχος

Ο απλοποιητικός έλεγχος συνίσταται στον περιορισμό συναρτήσει των τάσεων του οπλισμού, είτε της διαμέτρου των οπλισμών, σύμφωνα με την παρ. 15.3.1.1, είτε των αποστάσεων μεταξύ των ράβδων του οπλισμού, σύμφωνα με την παρ. 15.3.1.2.

Οι τιμές σ_s των τάσεων του οπλισμού υπολογίζονται σε στάδιο ΙΙ για τους βραχυχρόνιους συνδυασμούς δράσεων [εξ. (6.14)] και δεν επιτρέπεται να λαμβάνονται μεγαλύτερες του f_{yk}.

15.3.1.1 Μέγιστες διάμετροι ράβδοι οπλισμού

Η απαίτηση περιορισμού της ρηγμάτωσης σύμφωνα με την παρ. 15.1 θεωρείται ότι ικανοποιείται, εάν οι διάμετροι των ράβδων με νευρώσεις του οπλισμού δεν υπερβαίνουν τις τιμές του Πίνακα 15.1. Για δέσμες ράβδων οι τιμές του Πίνακα 15.1, εφαρμόζονται για την ισοδύναμη διάμετρο Φ_n.

Πίνακας 15.1: Μέγιστες διάμετροι ράβδων υψηλής συνάφειας σε (mm) για περιορισμό της ρηγμάτωσης

Τάση χάλυβα σ_s (MPa)	160	200	240	280	350	400	450
Κατηγορίες συνθηκών περιβάλλοντος 1, 2	36	36	28	25	16	10	6
Κατηγορίες συνθηκών περιβάλλοντος 3, 4	28	20	16	12	8	6	-
Για λείες ράβδους οι τιμές των διαμέτρων διαιρούνται δια 2. Ενδιάμεσες τιμές προσδιορίζονται με γραμμική παρεμβολή. Για πάχη δομικών στοιχείων h > 300mm επιτρέπεται αύξηση των μεγίστων διαμέτρων κατά h(mm)/300.							

15.3.1.2 Μέγιστες αποστάσεις ράβδων οπλισμού

Η απαίτηση περιορισμού της ρηγμάτωσης σύμφωνα με την παρ. 15.1 θεωρείται ότι ικανοποιείται εάν οι αποστάσεις των ράβδων με νευρώσεις του οπλισμού δεν υπερβαίνουν τις τιμές του Πίνακα 15.2.

Οι τιμές αυτές ισχύουν για τις ράβδους που βρίσκονται στις εφελκυόμενες περιοχές δομικών στοιχείων, τα οποία καταπονούνται από κάμψη ή έκκεντρη θλίψη.

Για δομικά στοιχεία καταπονούμενα από καθαρό εφελκυσμό, οι τιμές του Πίνακα 15.2 πρέπει να διαιρεθούν δια 2.

Για στοιχεία καταπονούμενα σε έκκεντρο εφελκυσμό γίνεται γραμμική παρεμβολή.

Πίνακας 15.2: Μέγιστες αποστάσεις ράβδων υψηλής συνάφειας σε (mm) για περιορισμό της ρηγμάτωσης

Τάση χάλυβα σ_s (MPa)	160	200	240	280	350
Κατηγορίες συνθηκών περιβάλλοντος 1 ή 2	250	250	250	200	150
Κατηγορίες συνθηκών περιβάλλοντος 3 ή 4	250	200	150	100	70
Για λείες ράβδους οι τιμές των αποστάσεων διαιρούνται δια 2.					

15.3.2 Αναλυτικός έλεγχος

Ο αναλυτικός έλεγχος του περιορισμού της ρηγμάτωσης συνίσταται στον υπολογισμό μιας χαρακτηριστικής τιμής ανοίγματος ρωγμής σύμφωνα με αποδεκτές, απο την επί του θέματος διεθνή επιστημονική βιβλιογραφία, μεθόδους. Ο έλεγχος ικανοποιείται όταν η τιμή αυτή του ανοίγματος των ρωγμών είναι μικρότερη από 0.3 mm για ωπλισμένο σκυρόδεμα και 0.20 mm για προεντεταμένο σκυρόδεμα.

15.4 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΤΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

15.4.1 Ωπλισμένο σκυρόδεμα

15.4.1.1 Γενικά

Εν γένει δεν απαιτείται έλεγχος των τάσεων εφόσον:

i) οι έλεγχοι για την οριακή κατάσταση αστοχίας και η ανακατανομή των εντατικών μεγεθών έχουν γίνει σύμφωνα με τον παρόντα κανονισμό,

ii) οι παραμορφώσεις έχουν ελεγχθεί σύμφωνα με τα Κεφάλαια 14 και 16,

iii) η κατασκευαστική διαμόρφωση έχει εκτελεσθεί σύμφωνα με τα Κεφάλαια 17 και 18, και

iv) έχουν τηρηθεί οι απαιτήσεις για τους ελάχιστους οπλισμούς.

Σε ειδικές περιπτώσεις απαιτείται έλεγχος (περιορισμός) των τάσεων σύμφωνα με τις παραγράφους 15.4.1.2 και 15.4.1.3.

15.4.1.2 Περιορισμός των θλιπτικών τάσεων σκυροδέματος

Σε περιοχές όπου το σκυρόδεμα εκτίθεται σε δυσμενείς συνθήκες περιβάλλοντος και αν δεν ληφθούν πρόσθετα μέτρα, απαιτείται περιορισμός των θλιπτικών τάσεων υπό τον βραχυχρόνιο συνδυασμό δράσεων (εξίσωση 6.14) έτσι ώστε:

$$\sigma_c \leq 0.6 \cdot f_{ck}$$

15.4.1.3 Περιορισμός των εφελκυστικών τάσεων χάλυβα

Οι εφελκυστικές τάσεις χάλυβα υπό τον βραχυχρόνιο συνδυασμό δράσεων πρέπει να περιορίζονται έτσι ώστε:

$$\sigma_s \leq 0.8 \cdot f_{yk}$$

Όταν οι τάσεις προέρχονται κυρίως από παρεμποδιζόμενες και επιβαλλόμενες παραμορφώσεις (δράσεις καταναγκασμού) επιτρέπεται:

$$\sigma_s \leq 1.0 \cdot f_{yk}$$

15.4.2 Προεντεταμένο σκυρόδεμα

15.4.2.1 Περιορισμός των τάσεων σκυροδέματος

α) Εφελκυστικές τάσεις

Για πλήρη προένταση δεν επιτρέπεται να αναπτύσσονται εφελκυστικές τάσεις σε καμία ίνα της προθλιβόμενης εφελκυόμενης ζώνης του σκυροδέματος.

Για περιορισμένη προένταση δεν επιτρέπεται οι εφελκυστικές τάσεις σε καμία ίνα της προθλιβόμενης εφελκυόμενης ζώνης να ξεπερνούν την εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος (Πίνακας 2.1).

β) Θλιπτικές τάσεις

Οι θλιπτικές τάσεις υπό τον βραχυχρόνιο συνδυασμό δράσεων (εξίσωση 6.14) δεν επιτρέπεται σε καμία ίνα του στοιχείου να ξεπερνούν την τιμή $0.60f_{ck}$.

15.4.2.2 Περιορισμός των τάσεων χάλυβα προέντασης

Οι εφελκυστικές τάσεις των τενόντων, για τη μέση τιμή της προεντάσεως, υπό τον μακροχρόνιο συνδυασμό δράσεων, πρέπει να περιορίζονται, μετά την αφαίρεση των απωλειών της δυνάμεως προεντάσεως, έτσι ώστε:

$$\sigma_p \leq 0.65 \cdot f_{ptk}$$

15.5 ΕΛΑΧΙΣΤΟΣ ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΤΗΣ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ

Σε περιοχές δομικών στοιχείων στις οποίες είναι δυνατόν να αναπτυχθούν υψηλές εφελκυστικές τάσεις (βλ. παρ. 6.3.2.6) λόγω επιβαλλόμενων και παρεμποδιζομένων παραμορφώσεων (λόγω συστολής ξήρανσης, θερμοκρασίας, καθιζήσεων κλπ.), πρέπει να τοποθετείται ένας ελάχιστος οπλισμός με υψηλή συνάφεια, ώστε η τάση του οπλισμού κατά την ενδεχόμενη ρηγμάτωση να παραμείνει μικρότερη από την τάση διαρροής. Η συνολική διατομή A_s αυτού του οπλισμού για περιορισμό της ρηγμάτωσης καθορίζεται από την σχέση:

$$A_s = k \cdot f_{ctm} \frac{A_{ct}}{\sigma_s} \qquad (15.5)$$

όπου:

A_{ct} εφελκυόμενη ζώνη σκυροδέματος σταδίου Ι,

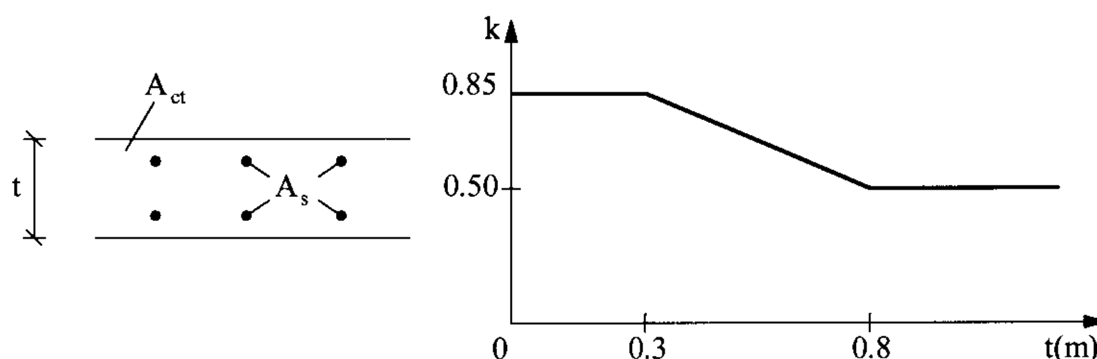
f_{ctm} μέση εφελκυστική αντοχή σκυροδέματος σύμφωνα με τον Πίνακα 2.1,

σ_s τάση οπλισμού σταδίου ΙΙ, η οποία προσδιορίζεται συναρτήσει της εκλεγμένης διαμέτρου από τον Πίνακα 15.1,

k συντελεστής συναρτήσει της εντατικής κατάστασης του στοιχείου:

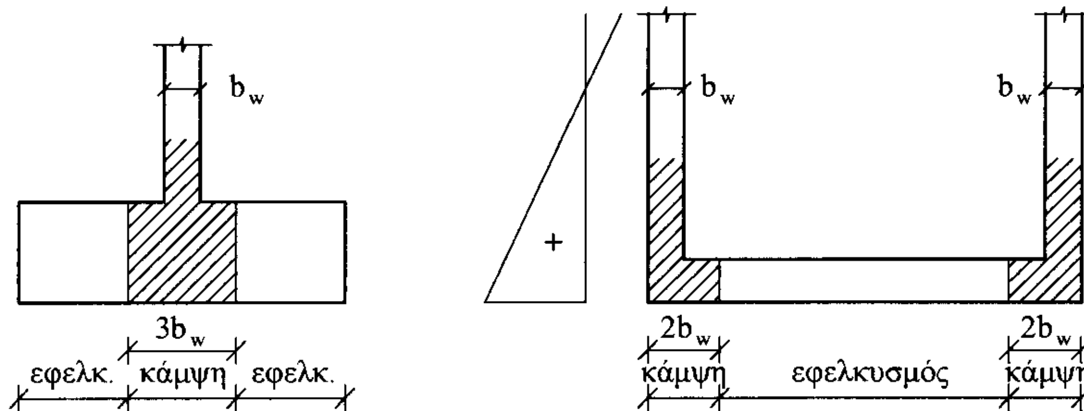
για κάμψη k=0.5,

για καθαρό εφελκυσμό και ορθογωνική διατομή οι τιμές του k δίνονται συναρτήσει του πάχους του στοιχείου t από το Σχήμα 15.1.



Σχήμα 15.1: Τιμές του k για καθαρό εφελκυσμό

Για εφελκυόμενα πέλματα πλακοδοκών, σε πλάτος b_w εκατέρωθεν του κορμού, λαμβάνεται k=0.5 (Σχ.15.2). Για το υπόλοιπο τμήμα των πελμάτων ισχύουν οι τιμές k κατά το Σχ. 15.1.



Σχήμα 15.2: Τιμές του k για εφελκυόμενα πέλματα

Ο οπλισμός αυτός συνιστάται να κατανέμεται καθ' ύψος ανάλογα με την μορφή του διαγράμματος των εφελκυστικών τάσεων. Ο οπλισμός που διατάσσεται για άλλους λόγους συνυπολογίζεται στον ελάχιστο οπλισμό για περιορισμό της ρηγμάτωσης.

Σε δοκούς με ύψος μέχρι 60 cm και σε πλάκες με ύψος μέχρι 25 cm, ο οπλισμός αυτός επιτρέπεται να διατάσσεται σε μια μόνο στάθμη.

Οι τένοντες προεντάσεως επιτρέπεται να προσμετρώνται στον ελάχιστο οπλισμό ρηγματώσεως στο εσωτερικό τετραγώνου πλευράς 300mm με κέντρο τον τένοντα, υπό την προϋπόθεση ότι λαμβάνονται καταλλήλως υπόψη οι διαφορετικές συνθήκες συνάφειας των τενόντων και του οπλισμού.

15.6 ΕΠΙΔΕΡΜΙΚΟΣ ΟΠΛΙΣΜΟΣ

Σε ορισμένες περιπτώσεις είναι απαραίτητη η διάταξη πρόσθετου ειδικού επιδερμικού οπλισμού προς έλεγχο της ρηγματώσεως ή και της απολεπίσεως της επικαλύψεως.

Ο επιδερμικός οπλισμός πρέπει να αποτελείται από πλέγματα ή λεπτές ράβδους υψηλής συνάφειας.

Το απαιτούμενο εμβαδόν $A_{s,surf}$ επιδερμικού οπλισμού παραλλήλως προς τον κυρίως εφελκυόμενο οπλισμό του δομικού στοιχείου είναι μεγαλύτερο από $0.01A_{ct,ext}$, όπου $A_{ct,ext}$ είναι το εμβαδόν της εφελκυόμενης επικαλύψεως σκυροδέματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 16

ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ ΑΠΟ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ

16.1 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΕΝΑΝΤΙ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ

Ο έλεγχος (περιορισμός) των παραμορφώσεων πρέπει να γίνεται, ώστε:

- να εξασφαλισθεί η χρήση για την οποία προβλέπεται το έργο,
- να αποφευχθούν οι βλάβες,
- να προβλεφθούν στη φάση της κατασκευής αρνητικά βέλη (υπερυψώσεις), όταν τούτο κρίνεται σκόπιμο.

Σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να καθορίζονται, σε συμφωνία με τον κύριο του έργου, παραδεκτές οριακές τιμές παραμορφώσεων.

Εφόσον δεν ορίζονται αυστηρότερα κριτήρια, ο έλεγχος των παραμορφώσεων περιορίζεται γενικώς σε έλεγχο των βελών κάμψης. Τα υπολογιζόμενα βέλη κάμψης οριζόντιων δομικών στοιχείων για τα συνήθη οικοδομικά έργα πρέπει να μην υπερβαίνουν τις τιμές του Πίνακα 16.1., όπου λ γενικώς είναι η απόσταση μεταξύ των στηρίξεων του στοιχείου, που για προβόλους η απόσταση αυτή θεωρείται ίση με 2.4 φορές το μήκος τους.

Πίνακας 16.1: Μέγιστες τιμές των βελών κάμψης οριζόντιων δομικών στοιχείων οικοδομικών έργων από σκυρόδεμα

Κριτήριο	Φόρτιση	Συνδυασμός	Όριο
Εμφάνιση – Χρηστικότητα	Υπό το σύνολο των φορτίων	Μακροχρόνιος	$\lambda/250$
Βλάβη διαχωριστικών	Μετά την τοποθέτηση των διαχωριστικών	Μακροχρόνιος	$\lambda/500$

16.2 ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΑΛΛΑΓΗΣ ΑΠΟ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΤΩΝ ΒΕΛΩΝ ΚΑΜΨΗΣ

Ο έλεγχος των βελών κάμψης δεν είναι απαραίτητος εφόσον τηρούνται τα παρακάτω όρια της καμπτικής λυγηρότητας $\alpha\cdot\lambda/d$:

- αμφιέρειστες ή τετραέρειστες πλάκες με λόγο $\alpha\cdot\lambda/d$ μικρότερο ή ίσο με 30,
- δοκοί με λόγο $\alpha\cdot\lambda/d$ μικρότερο ή ίσο με 20,
- δοκοί και πλάκες που φέρουν ευαίσθητα διαχωριστικά με λόγο $(\alpha\cdot\lambda)^2/d$ μικρότερο ή ίσο με 150 (λ και d σε μέτρα), εκτός αν λαμβάνονται κατάλληλα

κατασκευαστικά μέτρα οπότε μπορούν να εφαρμοσθούν τα προηγούμενα όρια πλακών και δοκών.

Για τις συνηθισμένες περιπτώσεις εφαρμογής με σταθερό ύψος διατομής, ο συντελεστής α μπορεί να λαμβάνεται από τον Πίνακα 16.2.

Πίνακας 16.2: Τιμές του α (λόγου μεταξύ ιδεατού μήκους και θεωρητικού ανοίγματος)

ΔΟΚΟΙ	ΠΛΑΚΕΣ	α
		1.0
ακραίο άνοιγμα		0.8
λ $\lambda_{min} \geq 0.8 \cdot \lambda_{max}$		0.6
λ	λ	2.4

16.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΒΕΛΩΝ ΚΑΜΨΗΣ

16.3.1 Βασικές αρχές υπολογισμού βελών κάμψης

Τα βέλη κάμψης προκύπτουν από την καμπυλότητα 1/r κατά μήκος του στοιχείου. Η ολική καμπυλότητα σε χρόνο t είναι το άθροισμα της καμπυλότητας λόγω στιγμιαίων φορτίων και των καμπυλοτήτων λόγω ερπυσμού και συστολής ξήρανσης, δηλαδή:

$$(1/r)_t = (1/r)_e + (1/r)_{cc} + (1/r)_{cs} \quad \text{.......} (16.1)$$

όπου γενικά, ανάλογα με το υπόψη τμήμα του φορέα, κάθε ένας από τους όρους του δεύτερου μέρους της εξίσωσης σχετίζεται ή με το στάδιο I ή με το στάδιο II.

16.3.1.1 Υπολογισμός των βελών κάμψης λόγω καμπτικών ροπών και αξονικών δυνάμεων

Για στοιχεία από προεντεταμένο σκυρόδεμα που συνήθως βρίσκονται στο στάδιο I, το βέλος που προκύπτει από τις μεθόδους ελαστικότητας θα πρέπει να διορθώνεται κατάλληλα, ώστε να λαμβάνεται υπόψη η επιρροή από τη συστολή ξήρανσης, τη χαλάρωση και τον ερπυσμό.

Σε περίπτωση μη ρηγματωμένης διατομής (στάδιο I) στοιχείων από ωπλισμένο σκυρόδεμα, ο υπολογισμός γίνεται με τις μεθόδους της ελαστικότητας.

Σε περίπτωση ρηγματωμένης διατομής (στάδιο II) στοιχείων από ωπλισμένο σκυρόδεμα, ο υπολογισμός των βελών κάμψης λόγω καμπτικών ροπών και αξονικών δυνάμεων μπορεί να γίνει με την βοήθεια κατάλληλων προσεγγιστικών υπολογισμών, για τα συνηθισμένα οικοδομικά έργα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 17

ΚΑΝΟΝΕΣ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΩΝ ΟΠΛΙΣΗΣ

17.1 ΠΕΔΙΟ ΟΡΙΣΜΟΥ

Οι Κανόνες του παρόντος Κεφαλαίου ισχύουν για κατασκευές ωπλισμένου ή προεντεταμένου σκυροδέματος με ή χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας.

Σε στοιχεία με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας δεν επιτρέπεται η χρήση λείων ράβδων παρά μόνον για κλειστούς συνδετήρες και συνδέσμους. Επίσης δεν επιτρέπεται η χρήση συγκολλητών δομικών πλεγμάτων παρά μόνον αν ικανοποιούν τις πρόσθετες απαιτήσεις πλαστιμότητας κατά την παρ. 3.1.3.

17.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΟΠΛΙΣΜΩΝ

17.2.1 Ονομαστικές διάμετροι

Πρέπει να χρησιμοποιούνται οι τυποποιημένες ονομαστικές διάμετροι ράβδων κατά τα ισχύοντα πρότυπα.

17.2.2 Ταυτόχρονη χρησιμοποίηση διαφόρων ειδών χαλύβων

Η ταυτόχρονη χρησιμοποίηση διαφόρων ειδών χαλύβων επιτρέπεται μόνο αν αυτό λαμβάνεται υπόψη κατά την διαστασιολόγηση και εφόσον αποκλείεται κάθε σύγχυση κατά την κατασκευή.

17.2.3 Καμπυλώσεις οπλισμών

17.2.3.1 Επιτρεπόμενες διάμετροι καμπύλωσης

Η επιτρεπόμενη ελάχιστη διάμετρος D καμπύλωσης ράβδων, αγκίστρων (ημικυκλικών ή ορθογωνικών), αναβολέων κλπ. δίνεται από τον Πίνακα 17.1.

Πίνακας 17.1: Ελάχιστη διάμετρος D καμπύλωσης

Α	Διάμετρος ράβδου Φ (mm)	Άγκιστρα	
		S220	**S400, S500**
1	∅ < 20	2.5 ∅	4.0 ∅
2	∅ ≥ 20	5.0 ∅	7.0 ∅
Β	Επικάλυψη σκυροδέματος κάθετη στην επιφάνεια καμπύλωσης και απόσταση αξόνων ράβδων οπλισμού	Κάμψεις και άλλες καμπυλώσεις (π.χ. σε γωνίες πλαισίων)	
		S220	**S400, S500**
1	> 100mm και >7∅	10 ∅	10 ∅
2 (*)	> 50mm και > 3∅	10 ∅	15 ∅
3 (*)	≤ 50mm ή ≤ 3∅	15 ∅	20 ∅

(*) Αν κάμπτονται στην ίδια θέση ράβδοι περισσοτέρων στρώσεων τότε οι τιμές διαμέτρων D για ράβδους εσωτερικών στρώσεων θα αυξάνονται κατά 50%.

17.2.3.2 Κάμψεις σε συγκολλητούς οπλισμούς

Για συγκολλητούς οπλισμούς και συγκολλητά δομικά πλέγματα που κάμπτονται μετά την συγκόλληση ισχύουν οι τιμές του Πίνακα 17.2.

Πίνακας 17.2: Ελάχιστη διάμετρος D καμπύλωσης για συγκολλητούς οπλισμούς

Συγκολλήσεις εκτός καμπύλου τμήματος	Συγκολλήσεις εντός καμπύλου τμήματος
λ λ	
λ < 4 ∅ : 20 ∅ λ ≥ 4 ∅ : Ισχύουν οι τιμές του Πιν. 17.1	20 ∅

17.3 ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗ ΤΟΥ ΟΠΛΙΣΜΟΥ

Ισχύουν οι διατάξεις των παρ. 5.1 και 17.5 που αφορούν την ελάχιστη και την ονομαστική επικάλυψη.

17.4 ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΟΠΛΙΣΜΩΝ

Η καθαρή απόσταση παραλλήλων οπλισμών εκτός των περιοχών ενώσεων πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με:

- τη μεγαλύτερη διάμετρο των ράβδων,
- 20 mm,
- $d_{αδρ} + 5\,mm$, όπου $d_{αδρ}$ = διάσταση μεγίστου κόκκου αδρανών

Όταν οι ράβδοι τοποθετούνται σε περισσότερες από μία σειρές, τότε πρέπει να τοποθετούνται η μία επάνω ή πίσω από την άλλη. Εξαίρεση των καθαρών αυτών αποστάσεων γίνεται στις ράβδους με υπερκάλυψη στην περιοχή της ενώσεως όπου μπορεί η μία να εφάπτεται της άλλης.

17.5 ΤΑΣΗ ΣΥΝΑΦΕΙΑΣ

Η ποιότητα της συνάφειας εξαρτάται από την μορφή της επιφάνειας της ράβδου, την διάσταση του δομικού στοιχείου και από την θέση και κλίση του οπλισμού κατά την σκυροδέτηση.

Η ελάχιστη επικάλυψη των οπλισμών πρέπει να εξασφαλίζει την ανάπτυξη και μεταβίβαση των τάσεων συνάφειας.

Οι τάσεις συνάφειας θεωρούνται σταθερές κατά μήκος των ράβδων. Ο προσδιορισμός των μηκών αγκυρώσεως και των υπερκαλύψεων βασίζεται στην τιμή σχεδιασμού της τάσεως συνάφειας f_{bd}.

Διακρίνονται δύο περιοχές συνάφειας:

Περιοχή συνάφειας I: όπου οι συνθήκες συνάφειας θεωρούνται ευνοϊκές.

Περιοχή συνάφειας II: όπου οι συνθήκες συνάφειας δεν θεωρούνται ευνοϊκές.

Στην περιοχή συνάφειας II (δυσμενείς συνθήκες) ανήκουν ράβδοι για τις οποίες ισχύουν όλες οι παρακάτω συνθήκες (βλ. και Πίνακα 17.3):

- έχουν κλίση ως προς την οριζόντια 0-45° για κατακόρυφη σκυροδέτηση,
- βρίσκονται σε στοιχεία με πάχος κατά τη διεύθυνση σκυροδετήσεως μεγαλύτερο από 250 mm,
- είναι τοποθετημένες στο πάνω μισό πάχος του στοιχείου,
- το πάχος του σκυροδέματος που τις καλύπτει είναι μικρότερο από 300 mm.

Στην περιοχή συνάφειας I (ευνοϊκές συνθήκες) ανήκουν όλες οι άλλες ράβδοι.

Πίνακας 17.3: Καθορισμός των περιοχών συνάφειας

		Πάχος στοιχείου			
		Μικρότερο ή ίσο από 250mm	Μεγαλύτερο από 250mm		
			Η ράβδος βρίσκεται στο:		
			Κάτω ήμισυ	Άνω ήμισυ	
				Η ράβδος καλύπτεται από σκυρόδεμα πάχους:	
				< 300mm	≥ 300mm
Κλίση ως προς την οριζόντια	0 – 45°	I	I	II	I
	45 – 90°	I	I	I	I

Οι βασικές τιμές του f_{bd} δίνονται στον Πίνακα 17.4.

Πίνακας 17.4: Βασικές τιμές του f_{bd} (MPa)

Περιοχή συνάφειας Ι	f_{ck}	12	16	20	25	30	35	40	45	50
	Λείες ράβδοι	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7
	Ράβδοι Ø≤32 υψηλής συνάφειας	1.6	2.0	2.3	2.7	3.0	3.4	3.7	4.0	4.3
Περιοχή συνάφειας ΙΙ	70% των τιμών της περιοχής συνάφειας Ι									

Στην περίπτωση όπου ασκείται εγκάρσια μέση πίεση p (MPa), εγκάρσια προς το αναμενόμενο επίπεδο αποσχίσεως, οι τιμές f_{bd} του Πίνακα 17.4 μπορούν να αυξάνονται, πολλαπλασιαζόμενες με τον συντελεστή $[1:(1-0.04 \cdot p)] \leq 1.4$.

17.6 ΑΓΚΥΡΩΣΕΙΣ

17.6.1 Τύποι αγκυρώσεων

Σε σχέση με την αποδοτικότητά τους οι αγκυρώσεις διακρίνονται σε 4 τύπους (Σχήμα 17.1):

1. Ευθύγραμμες αγκυρώσεις.

2. Καμπύλες αγκυρώσεις (άγκιστρα ημικυκλικά, ορθογωνικά, αναβολείς), με ελάχιστη διάμετρο καμπύλωσης D ίση με αυτή των σειρών Α,1 και Α,2 του Πίνακα 17.1.

3. Ευθύγραμμες αγκυρώσεις με τουλάχιστον μια συγκολλημένη εγκάρσια ράβδο στο μήκος αγκύρωσης.

   Η εγκάρσια συγκολλημένη ράβδος πρέπει να απέχει το πολύ 5Ø από τη θέση ενάρξεως του μήκους αγκύρωσης, η δε διάμετρός της πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με 0.6Ø.

4. Αγκυρώσεις με πρόσθετα στοιχεία (σώματα αγκυρώσεως).

	Τύποι Αγκύρωσης	Συντελεστής α Ράβδοι υπό: Εφελκυσμό	Συντελεστής α Ράβδοι υπό: Θλίψη
1	Ø; $\lambda_{b,net}$	1.0	1.0
2	άγκιστρα ημικυκλικά: ≥ 5Ø, D, Ø, φ ≥ 135°, $\lambda_{b,net}$ άγκιστρα ορθογωνικά: ≥ 5Ø, D, Ø, 135° > φ ≥ 90°, $\lambda_{b,net}$ αναβολείς: D, Ø, $\lambda_{b,net}$	0.7	1.0
3	Ø; $\lambda_{b,net}$	0.7	0.7

Σχήμα 17.1: Τύποι αγκυρώσεων και τιμές του συντελεστή α της εξίσωσης 17.2 (για το $\lambda_{b,net}$ και το συντελεστή α, βλ. παρ. 17.6.3)

17.6.2 Βασικό μήκος αγκύρωσης

Το βασικό μήκος αγκύρωσης λ_b είναι το μήκος αγκύρωσης τύπου 1 με πλήρη εκμετάλλευση της αντοχής της ράβδου.

Για μεμονωμένες ράβδους και συγκολλητά δομικά πλέγματα ράβδων με νευρώσεις, το λ_b προσδιορίζεται από τη σχέση (17.1):

$$\lambda_b = \frac{\varnothing}{4} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{bd}} \quad \text{.......... (17.1)}$$

όπου:

$\varnothing$ η διάμετρος της ράβδου, η οποία για δομικά πλέγματα διπλών ράβδων αντικαθίσταται από την ισοδύναμη διάμετρο $\varnothing\sqrt{2}$,

f_{bd} η τιμή σχεδιασμού της τάσης συνάφειας σύμφωνα με την παρ. 17.5, και

f_{yd} η τιμή σχεδιασμού του ορίου διαρροής του χάλυβα.

Για συγκολλητά δομικά πλέγματα με ράβδους λείες, το μήκος λ_b είναι το μήκος που αντιστοιχεί σε 4 συγκολλημένες εγκάρσιες ράβδους, αλλά όχι μεγαλύτερο από το μήκος που προκύπτει από την εξ. (17.1) για πλέγματα με ράβδους με νευρώσεις.

17.6.3 Απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης

Το απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης κατά προέκταση της ράβδου $\lambda_{b,net}$ εξαρτάται από τον τύπο της αγκύρωσης και την υπάρχουσα τάση στο χάλυβα, και υπολογίζεται για μεμονωμένες ράβδους και συγκολλητά δομικά πλέγματα ράβδων με νευρώσεις από την εξ. (17.2):

$$\lambda_{b,net} = \alpha \cdot \lambda_b \frac{A_{s,req}}{A_{s,prov}} \geq \lambda_{b,min} \quad \text{.......... (17.2)}$$

όπου:

$A_{s,req}$ η κατά τους υπολογισμούς θεωρητικά απαιτούμενη διατομή οπλισμού,

$A_{s,prov}$ η υπάρχουσα διατομή οπλισμού,

α συντελεστής εξαρτώμενος από τον τύπο αγκύρωσης κατά το Σχήμα 17.1 (≥ 0.5),

$\lambda_{b,min}$ το ελάχιστο ευθύγραμμο μήκος αγκύρωσης,

$= 0.3\ \lambda_b\ (\geq 10\varnothing)$ για ράβδους υπό εφελκυσμό,

$= 0.6\ \lambda_b\ (\geq 10\varnothing)$ για ράβδους υπό θλίψη,

λ_b κατά την εξίσωση (17.1).

Για ράβδους οι οποίες συμβάλλουν στην καμπτική αντοχή κρίσιμων περιοχών δομικών στοιχείων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας (βλ. παρ. 6.1.3), και αγκυρώνονται μέσα στην κρίσιμη περιοχή, πρέπει να λαμβάνεται $A_{s,req} / A_{s,prov} = 1.0$. Από αυτήν την απαίτηση απαλλάσσονται δοκοί και υποστυλώματα (όχι τοιχώματα) φορέων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας αλλά με κατάλληλα διαμορφωμένο μικτό σύστημα σύμφωνα με την παρ. 4.1.4.2β του ΕΑΚ με την προϋπόθεση όμως ότι ο λόγος η_v της σχέσης 4.8 του ΕΑΚ είναι >0.75.

Για συγκολλητά δομικά πλέγματα με λείες ράβδους, το μήκος $\lambda_{b,net}$ προσδιορίζεται από την εξίσωση (17.2) εάν υπάρχουν εντός του μήκους αγκύρωσης εγκάρσιες ράβδοι τουλάχιστον ίσες με:

$$n = 4 \cdot \frac{A_{s,req}}{A_{s,prov}}$$

17.6.4 Εγκάρσιος οπλισμός στις περιοχές αγκυρώσεων

Στις περιοχές αγκυρώσεων πρέπει να τοποθετείται εγκάρσιος οπλισμός. Εξαίρεση αποτελούν οι εφελκυόμενες ράβδοι όταν αναπτύσσεται εγκάρσια θλίψη λόγω αντιδράσεων στηρίξεως.

Το ελάχιστο εμβαδόν του εγκάρσιου οπλισμού πρέπει να είναι το 25% του εμβαδού της μέγιστης από τις αγκυρούμενες ράβδους.

Ο εγκάρσιος οπλισμός πρέπει να είναι ομοιομόρφως κατανεμημένος μέσα στο μήκος αγκυρώσεως. Σε περίπτωση καμπύλων αγκυρώσεων, πρέπει να τοποθετείται στην περιοχή των αγκίστρων ή των αναβολέων τουλάχιστον μία ράβδος εγκάρσιου οπλισμού.

Στις συνήθεις περιπτώσεις πλακών, πλακών με νευρώσεις, ή με σώματα πλήρωσης, πλακοδοκών και δοκών, υποστυλωμάτων και τοιχωμάτων, αρκούν οι εγκάρσιοι οπλισμοί που δίνονται στο Κεφάλαιο 18.

Σε αγκυρούμενες ράβδους υπό θλίψη, ο εγκάρσιος οπλισμός πρέπει να τις περιβάλλει, να είναι συγκεντρωμένος περί το τέλος της αγκυρώσεως και να επεκτείνεται πέραν αυτού σε μία απόσταση τουλάχιστον ίση με 5 $\varnothing$ ή 5 $\varnothing_n$

17.6.5 Αγκυρώσεις με πρόσθετα στοιχεία

Η χρήση αγκυρώσεων με πρόσθετα στοιχεία (σώματα αγκύρωσης) επιτρέπεται μόνο αν υπάρχουν σχετικές εγκριτικές αποφάσεις.

17.7 ΕΝΩΣΕΙΣ

17.7.1 Είδη ενώσεων

Ενώσεις οπλισμών μπορούν να γίνουν με

- υπερκάλυψη των ράβδων με ευθύγραμμα άκρα, με άγκιστρα ημικυκλικά ή ορθογωνικά, με αναβολείς, με ευθύγραμμα άκρα με συγκολλητούς εγκάρσιους οπλισμούς (π.χ. σε συγκολλητά δομικά πλέγματα),
- συγκόλληση,
- μηχανικά μέσα (αρμοκλείδες, ενώσεις με τήγμα μετάλλου κ.α.).

17.7.2 Ενώσεις με υπερκάλυψη

17.7.2.1 Διάταξη των ενώσεων με υπερκάλυψη

Οι ενώσεις με υπερκάλυψη πρέπει, κατά το δυνατόν, να διατάσσονται κατά αποστάσεις μεταξύ τους και να αποφεύγεται η τοποθέτησή τους στις περιοχές υψηλής εντάσεως.

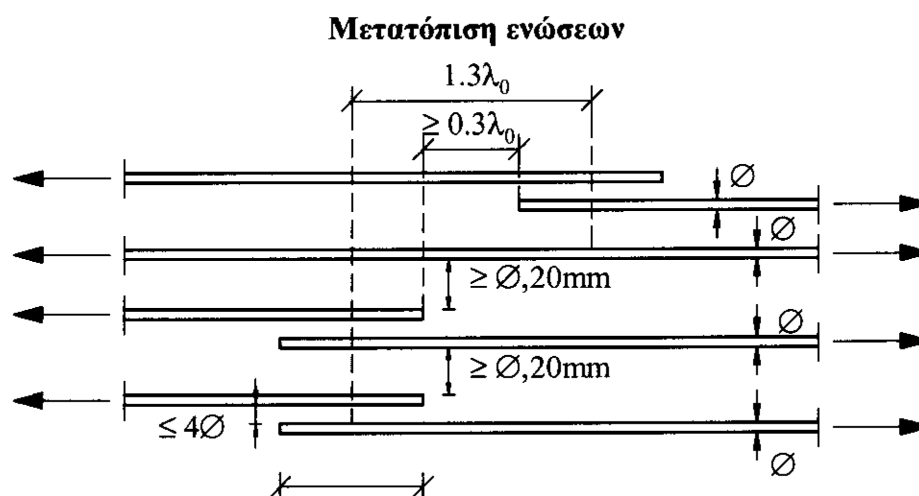
Για οπλισμούς υψηλής συνάφειας σε μια στρώση επιτρέπεται η ένωση με υπερκάλυψη μέχρι και όλων των ράβδων (100%) σε μια διατομή του δομικού στοιχείου. Αν όμως οι οπλισμοί που υπερκαλύπτονται βρίσκονται σε περισσότερες στρώσεις τότε επιτρέπεται η υπερκάλυψη μόνο του μισού (50%) της συνολικής διατομής οπλισμού σε μια θέση.

Οι ενώσεις με υπερκάλυψη πρέπει να διατάσσονται συμμετρικώς και παραλλήλως προς τις παρειές του στοιχείου.

Για λείες ράβδους, επιτρέπεται η ένωση με υπερκάλυψη του 1/3 της διατομής οπλισμού κάθε στρώσης σε μια διατομή του δομικού στοιχείου. Οι δευτερεύοντες οπλισμοί διέρειστων πλακών επιτρέπεται να υπερκαλύπτονται στο σύνολό τους (100%) σε μία διατομή.

Ενώσεις με υπερκάλυψη θεωρούνται μετατοπισμένες, όταν η απόσταση των μέσων δύο γειτονικών ενώσεων είναι μεγαλύτερη από $1.3 \cdot \lambda_0$, όπου λ_0 το μήκος της υπερκάλυψης σύμφωνα με την εξίσωση (17.3). Οι εγκάρσιες αποστάσεις μεταξύ των ράβδων φαίνονται στο Σχήμα 17.2.

Μετατόπιση ενώσεων



Σχήμα 17.2: Απόσταση των ράβδων οπλισμού στην περιοχή ένωσης

17.7.2.2 Μήκος υπερκάλυψης εφελκυόμενων ράβδων

Το απαιτούμενο μήκος υπερκάλυψης λ_0 εφελκυόμενων ράβδων (Σχήμα Σ17.4) υπολογίζεται από το αντίστοιχο απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης, λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά της όπλισης (Πιν. 17.5):

$$\lambda_0 = \alpha_1 \lambda_{b,net} \geq \lambda_{0,min} \qquad (17.3)$$

όπου:

$\lambda_{b,net}$ μήκος αγκύρωσης κατά την εξίσωση (17.2),

α_1 συντελεστής κατά τον Πίνακα 17.5,

$\lambda_{0,min}$ ελάχιστο μήκος υπερκάλυψης, το οποίο είναι ίσο με $\max(0.3 \cdot \alpha \cdot \alpha_1 \cdot \lambda_b, 15\varnothing, 200mm)$.

Πίνακας 17.5: Συντελεστές α_1

Απόσταση μεταξύ δύο γειτονικών ενώσεων (a)	Απόσταση από την πλησιέστερη επιφάνεια (b)	Για υπερκαλυπτόμενες ράβδους (ποσοστό σε σχέση με την ολική διατομή χάλυβα)					Για εγκάρσιους οπλισμούς διανομής
		20%	25%	33%	50%	>50%	
a ≤ 10∅ είτε b ≤ 5∅		1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	1.0
a > 10∅ και b > 5∅		1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	

17.7.2.3 Μήκος υπερκάλυψης θλιβομένων ράβδων

Το μήκος υπερκάλυψης λ_0 πρέπει να ικανοποιεί τη συνθήκη:

$$\lambda_0 \geq \lambda_{b,net} \qquad (17.4)$$

17.7.2.4 Εγκάρσιος οπλισμός στην περιοχή υπερκάλυψης κυρίων οπλισμών

Στις περιοχές υπερκαλύψεων κυρίων οπλισμών πρέπει να τοποθετείται εγκάρσιος οπλισμός, ο οποίος παραλαμβάνει τις εγκάρσιες εφελκυστικές δυνάμεις. Ο υπάρχων εγκάρσιος οπλισμός που προβλέπεται για άλλους λόγους (π.χ. οπλισμός διάτμησης, οπλισμός διανομής) συνυπολογίζεται στον εγκάρσιο οπλισμό.

Ο απαιτούμενος εγκάρσιος οπλισμός δίνεται στον Πίνακα 17.6.

Πίνακας 17.6: Απαιτούμενος εγκάρσιος οπλισμός στην περιοχή υπερκάλυψης κυρίων οπλισμών

<table>
<tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td colspan="2">5</td><td>6</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Θέση υπερ-καλυπτόμενων ράβδων</td><td rowspan="2">Φ ράβδων (mm)</td><td rowspan="2">Ποσοστό υπερ-καλυπτόμενων ράβδων</td><td rowspan="2">Απόσταση γειτονικών υπερκαλύψεων κατά την έννοια του μήκους</td><td colspan="2">Εγκάρσιος οπλισμός ΣA_{st}</td><td></td></tr>
<tr><td>Ποσότητα</td><td>Τοποθέτηση</td><td>Σχήμα</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Asl (μιας ράβδου)</td><td>< 16</td><td>Τυχόν</td><td rowspan="2">Τυχούσα</td><td colspan="2" rowspan="2">Δεν απαιτείται ειδικότερη φροντίδα</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="4">≥ 16</td><td>≤ 20%</td></tr>
<tr><td>> 20%
≤ 50%</td><td>Τυχούσα</td><td rowspan="3">$\Sigma A_{st} \geq A_{sl}$</td><td rowspan="2">Ευθύγραμμες ράβδοι τοποθετημένες εξωτερικά</td><td rowspan="2">Σ 17.6α</td></tr>
<tr><td rowspan="2">> 50%</td><td>≥ 10Φ</td></tr>
<tr><td>< 10Φ</td><td>Σε μορφή συνδετήρα</td><td>Σ 17.6β</td></tr>
<tr><td>ΣA_{sl}</td><td colspan="3">Τυχόντα</td><td>$\Sigma A_{st} \geq \Sigma A_{sl}$</td><td>Σε μορφή συνδετήρα</td><td>Σ 17.7</td></tr>
<tr><td colspan="7">Σημ. Μέγιστη επιτρεπόμενη απόσταση ράβδων εγκαρσίου οπλισμού ίση με 150 mm</td></tr>
</table>

17.7.3 Κοχλιωτές ενώσεις

Με κοχλίωση επιτρέπεται να ενωθούν όλες οι ράβδοι σε μια διατομή.

Τα μέσα σύνδεσης (αρμοκλείδες) πρέπει να καλύπτονται με εγκριτικές αποφάσεις (πιστοποιητικά) αρμοδίων αρχών και να ικανοποιούν τις παρακάτω απαιτήσεις:

δύναμη διαρροής αντίστοιχη του $1.0 \cdot f_{yk} \cdot A_s$, και

δύναμη αντοχής αντίστοιχη του $1.2 \cdot f_{tk} \cdot A_s$,

όπου:

f_{yk}, f_{tk}, A_s το όριο διαρροής, η εφελκυστική αντοχή και η διατομή της προς σύνδεση ράβδου, αντιστοίχως.

Για την επικάλυψη σκυροδέματος και την απόσταση των μέσων σύνδεσης στην περιοχή της ένωσης ισχύουν οι παρ. 17.3 και παρ. 17.4, αντιστοίχως, όπου καθοριστική είναι η διάμετρος της προς ένωση ράβδου.

Για επαναλαμβανόμενη ή ανακυκλιζόμενη φόρτιση απαιτείται πειραματική απόδειξη της αποτελεσματικότητας της σύνδεσης.

17.7.4 Συγκολλητές ενώσεις

Με συγκόλληση επιτρέπεται να ενωθούν όλες οι ράβδοι σε μια διατομή του δομικού στοιχείου.

Οι συγκολλητές ενώσεις πρέπει να γίνονται σύμφωνα με τους κανονισμούς συγκολλήσεων και τα τεύχη έγκρισης των χαλύβων.

17.8 ΕΙΔΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΕΦΕΛΚΥΟΜΕΝΩΝ ΟΠΛΙΣΜΩΝ ΚΑΜΠΤΟΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

17.8.1 Γενικά

Οι οπλισμοί αυτοί πρέπει να τοποθετούνται έτσι, ώστε σε κάθε διατομή να καλύπτεται το μετατοπισμένο διάγραμμα των εφελκυστικών δυνάμεων (παρ. 17.8.2).

17.8.2 Κανόνας μετατόπισης

Η περιβάλλουσα των εφελκυστικών δυνάμεων προκύπτει από οριζόντια μετατόπιση κατά a_λ της καμπύλης $F_t = (M/z) + N$ (η τιμή του a_λ ορίζεται στην παρ. 11.2.4).

17.8.3 Αγκυρώσεις εκτός στηρίξεων

Το μήκος αγκύρωσης οπλισμού ευθύγραμμου ή κεκαμμένου που δεν χρησιμοποιείται ως οπλισμός διάτμησης, μετριέται από το θεωρητικό άκρο και είναι ίσο με $\lambda_{b,net}$.

Τα μήκη αγκύρωσης ράβδων που κάμπτονται για να παραλάβουν και τέμνουσες, θα πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσα με $1.3 \cdot \lambda_{b,net}$ στις εφελκυόμενες ζώνες και 0.7 $\lambda_{b,net}$ στις θλιβόμενες ζώνες ($\lambda_{b,net}$ = μήκος αγκύρωσης σύμφωνα με την παρ.17.6.3).

17.8.4 Αγκύρωση σε ακραίες στηρίξεις

I. Για δοκούς χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας και για πλάκες:

α) Η αγκύρωση των οπλισμών στις ακραίες στηρίξεις πρέπει να μπορεί να αναλάβει εφελκυστική δύναμη ίση με:

$$F_t = V_{Sd} \cdot a_\lambda / z \quad \text{.........} (17.5)$$

όπου:

a_λ σύμφωνα με την εξ.(11.27β).

β) Το μήκος αγκύρωσης για άμεση στήριξη μετριέται από τη γραμμή επαφής με τη στήριξη και είναι ίσο με $2/3 \cdot \lambda_{b,net}$.

Το μήκος αγκύρωσης για έμμεση στήριξη μετριέται από ένα επίπεδο μέσα στην στήριξη το οποίο απέχει από το σημείο τομής των δύο στοιχείων απόσταση ίση με το 1/3 του πλάτους στήριξης (≤ 50mm) και είναι ίσο με $\lambda_{b,net}$.

II. Για δοκούς με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας η αγκύρωση γίνεται σύμφωνα με τις διατάξεις της παρ. 18.3.5.

17.8.5 Αγκύρωση σε ενδιάμεσες στηρίξεις

Όταν σύμφωνα με τις διατάξεις του Κεφ. 18 ορισμένοι οπλισμοί προεκτείνονται σε ενδιάμεσες στηρίξεις ή σε ακραίες στηρίξεις που συνεχίζονται σε πρόβολο, η διαμόρφωση της αγκύρωσης γίνεται ως εξής:

I. Για δοκούς χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας και για πλάκες, οι παραπάνω οπλισμοί προεκτείνονται μέσα στη στήριξη τουλάχιστον κατά 10$\varnothing$

II. Για δοκούς με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας, η αγκύρωση γίνεται σύμφωνα με τις διατάξεις της παρ. 18.3.5.

17.9 ΑΓΚΥΡΩΣΗ ΟΠΛΙΣΜΩΝ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ

Οι οπλισμοί διάτμησης μπορούν να αποτελούνται από:

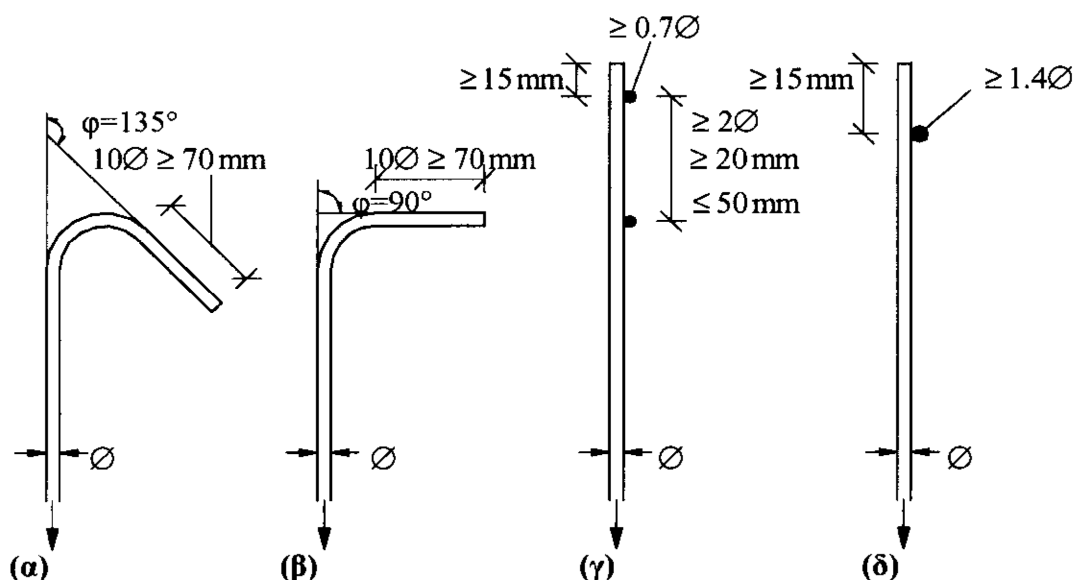
- κάθετους ή κεκλιμένους προς τον άξονα του φορέα συνδετήρες και εγκάρσιους συνδέσμους,
- κεκλιμένες-λοξές ράβδους,
- σπείρες, και
- συνδυασμό των παραπάνω.

17.9.1 Αγκύρωση συνδετήρων

Η αγκύρωση των συνδετήρων γίνεται σύμφωνα με το Σχήμα 17.3

Ορθογωνικά άγκιστρα κατά το Σχήμα 17.3.β) επιτρέπονται μόνο σε νευροχάλυβες.

Διατάξεις κατά τα Σχήματα 17.3.γ) και δ) επιτρέπονται μόνο όταν δεν προκαλείται διάρρηξη ή αποκόλληση του σκυροδέματος επικάλυψης, δηλ. όταν η επικάλυψη στην περιοχή αγκύρωσης είναι τουλάχιστον 50mm.



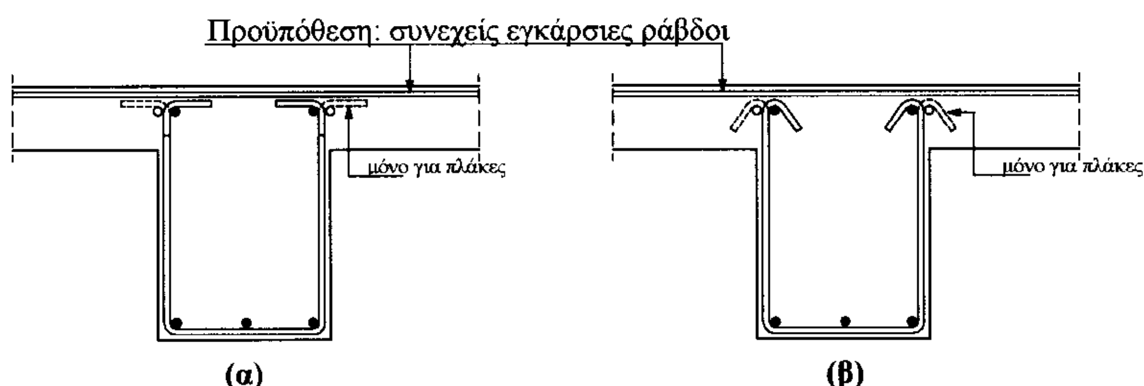
Σχήμα 17.3: Διατάξεις αγκυρώσεων συνδετήρων

17.9.2 Εξωτερικοί συνδετήρες (συνδετήρες κατά την περίμετρο του δομικού στοιχείου)

α) Πλακοδοκοί (και πλάκες)

Το κλείσιμο των συνδετήρων στην περιοχή της πλάκας γίνεται σύμφωνα με το Σχήμα 17.4.

Το κλείσιμο των συνδετήρων στον κορμό γίνεται σύμφωνα με το επόμενο εδάφιο, περί δοκών.

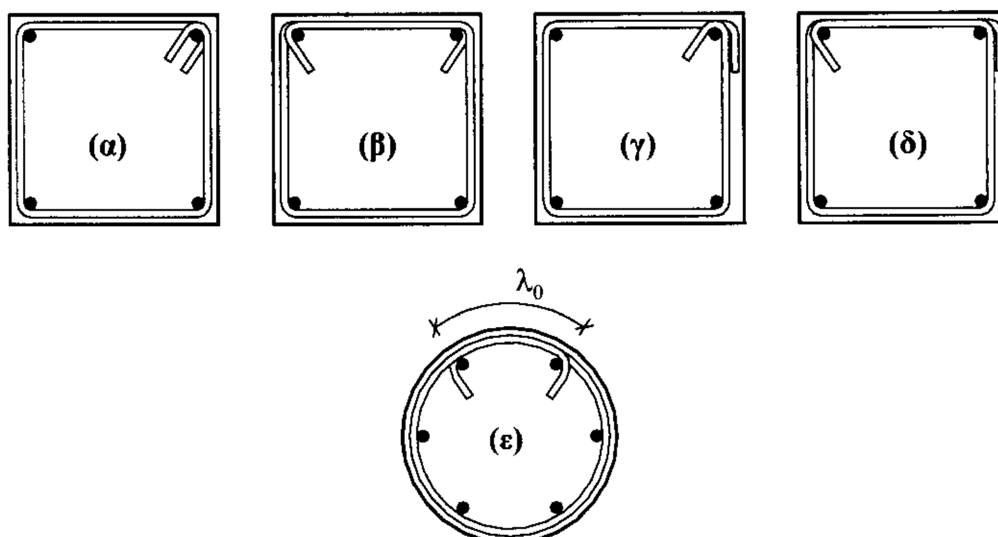


Σχήμα 17.4: Κλείσιμο συνδετήρων σε πλάκες και σε πλακοδοκούς στην περιοχή της πλάκας (βλ. Σχήμα 17.3 για αγκύρωση άκρων)

β) Δοκοί, υποστυλώματα, τοιχώματα

Γενικώς, το κλείσιμο των συνδετήρων γίνεται σύμφωνα με το Σχήμα 17.5.

Ειδικώς στις κρίσιμες περιοχές δομικών στοιχείων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας επιβάλλονται οι διατάξεις α) και β), ενώ κατ' εξαίρεση επιτρέπονται οι διατάξεις γ) και δ) εφόσον το κλείσιμο διατάσσεται κατ' εναλλαγήν, δηλ. σε διαφορετικές διαμήκεις ράβδους. Επίσης επιτρέπεται και το κλείσιμο σύμφωνα με τα ισχύοντα για την άμεση στρέψη.



Σχήμα 17.5: Κλείσιμο συνδετήρων σε κορμούς πλακοδοκών, σε δοκούς, σε υποστυλώματα και τοιχώματα (βλ. Σχήμα 17.3 για αγκύρωση άκρων)

Σε κυκλικά υποστυλώματα, το κλείσιμο των συνδετήρων γίνεται σύμφωνα με το Σχήμα 17.5(ε), με ορθογωνικά (ή ημικυκλικά) άγκιστρα έτσι ώστε η μεταξύ τους απόσταση να είναι τουλάχιστον ίση με το μήκος υπερκάλυψης λ_0.

γ) Στοιχεία υπό άμεση στρέψη

Το κλείσιμο των συνδετήρων γίνεται έτσι ώστε να εξασφαλίζεται μήκος υπερκάλυψης λ_0.

17.9.3 Εσωτερικοί συνδετήρες

Γενικώς, το κλείσιμο των συνδετήρων γίνεται σύμφωνα με το Σχήμα 17.4 σε πλάκες και σε πλακοδοκούς, καθώς και σε δομικά στοιχεία χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας, και σύμφωνα με το Σχήμα 17.5 σε δομικά στοιχεία με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας.

17.9.4 Εγκάρσιοι σύνδεσμοι (μορφής S)

Επιτρέπεται μόρφωση του ενός άκρου ως ημικυκλικού και του άλλου άκρου ως ορθογωνικού αγκίστρου, υπό την προϋπόθεση ότι τα ορθογωνικά άγκιστρα θα διατάσσονται σε διαφορετικές διαμήκεις ράβδους.

17.9.5 Αγκυρώσεις κεκλιμένων-λοξών ράβδων

Για την αγκύρωση αυτών των ράβδων ισχύει το τελευταίο εδάφιο της παρ. 17.8.3. Επίσης, οι ράβδοι αυτές πρέπει να κατανέμονται ομοιόμορφα στην εγκάρσια διεύθυνση.

17.10 ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ ΓΙΑ ΤΕΝΟΝΤΕΣ ΠΡΟΕΝΤΑΣΗΣ

17.10.1 Ταυτόχρονη χρησιμοποίηση διαφόρων ειδών χαλύβων

Η ταυτόχρονη χρησιμοποίηση συνήθων χαλύβων και χαλύβων προέντασης επιτρέπεται σύμφωνα με την παρ. 17.2.2.

17.10.2 Διάταξη τενόντων προέντασης

17.10.2.1 Ελάχιστος αριθμός τενόντων προέντασης

α) Ο ελάχιστος επιτρεπόμενος αριθμός των μεμονωμένων ράβδων ή συρμάτων στην προθλιβόμενη εφελκυόμενη ζώνη προεντεταμένων στοιχείων είναι τρεις (3).

Όταν χρησιμοποιούνται καλώδια αποτελούμενα από δέσμες ράβδων, συρμάτων ή συρματόσχοινων, μπορεί να υπάρχει μόνον ένα καλώδιο στην προθλιβόμενη εφελκυόμενη ζώνη, υπό τον όρο ότι το καλώδιο αποτελείται από επτά (7) τουλάχιστον στοιχεία.

Πίνακας 17.7: Ελάχιστο πλήθος ράβδων, συρμάτων και καλωδίων στην προθλιβόμενη εφελκυόμενη ζώνη μεμονωμένου δομικού στοιχείου

Μεμονωμένες ράβδοι και σύρματα	: 3
Ράβδοι, σύρματα και συρματόσχοινα που αποτελούν καλώδιο	: 7

Οι τιμές αυτές ισχύουν όταν οι διάμετροι των ράβδων ή συρμάτων είναι ίδιες. Όταν οι διάμετροι είναι διαφορετικές ο έλεγχος γίνεται σύμφωνα με τα παρακάτω:

β) Αν ο αριθμός των τενόντων ή ο συνολικός αριθμός των ράβδων, συρμάτων ή συρματόσχοινων της δέσμης είναι μικρότερος του 3 ή 7, αντιστοίχως, τότε πρέπει να ελέγχεται (λαμβάνοντας $\gamma_f = 1.0$ και $\gamma_m = 1.0$) ότι η ασφάλεια έναντι οριακών καταστάσεων αστοχίας εξασφαλίζεται ακόμη και όταν ένας τένοντας ή τρεις ράβδοι, σύρματα ή συρματόσχοινα μίας δέσμης αστοχήσουν. Για τον έλεγχο αυτόν, μπορεί να ληφθεί υπόψη ανακατανομή, λόγω μεταβολής του στατικού συστήματος εξαιτίας εγκάρσιας μεταβίβασης σε συνεργαζόμενα γειτονικά στοιχεία, ή εξαιτίας του υπάρχοντος οπλισμού ωπλισμένου σκυροδέματος. Για τένοντες ή σύρματα διαφορετικής διαμέτρου πρέπει να θεωρείται ότι αστοχούν εκείνα με την μεγαλύτερη διατομή.

17.10.2.2 Οριζόντιες και κατακόρυφες ελεύθερες αποστάσεις μεταξύ τενόντων

17.10.2.2α Προένταση μετά από την σκλήρυνση του σκυροδέματος

Ο σχηματισμός ομάδων (δέσμης) σωλήνων πρέπει γενικώς να αποφεύγεται.

Ζεύγος σωλήνων, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι κατακορύφως ο ένας πάνω από τον άλλον, μπορεί να χρησιμοποιηθεί υπό τον όρο ότι λαμβάνονται τα αναγκαία μέτρα κατά την τάνυση και κατά την εφαρμογή των τσιμεντενεμάτων.

Οι ελάχιστες οριζόντιες και κατακόρυφες ελεύθερες αποστάσεις μεταξύ μεμονωμένων τενόντων δίνονται ως εξής:

- οριζόντια: $\geq \varnothing_{σωλ}$ ή 40mm
- κατακόρυφα: $\geq \varnothing_{σωλ}$ ή 50mm

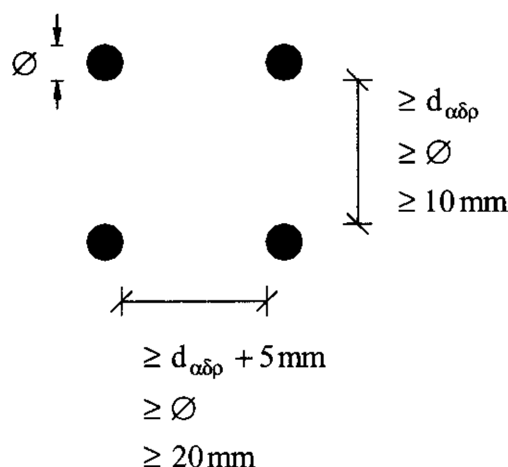
όπου $\varnothing_{σωλ}$ η διάμετρος του σωλήνα.

Ο πιο πάνω περιορισμός για την οριζόντια απόσταση ισχύει και για ζεύγη τενόντων.

17.10.2.2β Προένταση πριν από την διάστρωση του σκυροδέματος

Σε αυτή την περίπτωση, ο σχηματισμός ομάδων τενόντων απαγορεύεται.

Οι ελάχιστες οριζόντιες και κατακόρυφες ελεύθερες αποστάσεις μεταξύ μεμονωμένων τενόντων δίδονται στο Σχήμα 17.7.

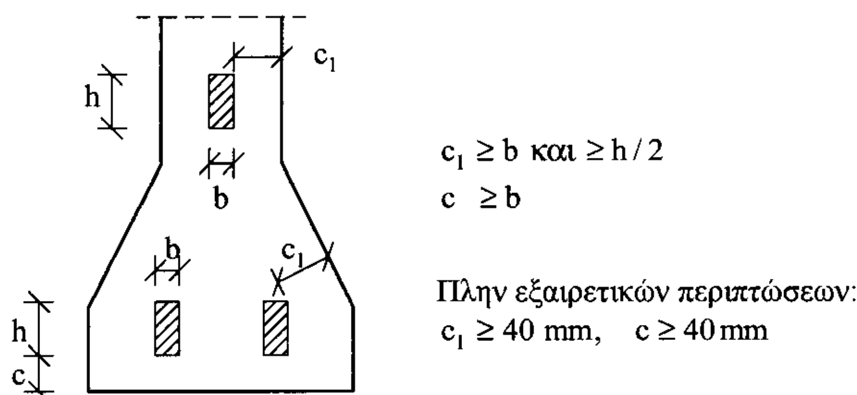


Σχήμα 17.7: Ελάχιστες αποστάσεις τενόντων
($\varnothing$ = η εξωτερική διάμετρος σωλήνων ράβδων και συρμάτων)

17.10.2.3 Επικάλυψη

17.10.2.3α Προένταση μετά την σκλήρυνση του σκυροδέματος

Το ελάχιστο πάχος σκυροδέματος μεταξύ μιας εξωτερικής παρειάς και ενός σωλήνα ή μιας δέσμης σωλήνων θα πρέπει αφενός μεν να είναι τουλάχιστον ίσο με τις ονομαστικές τιμές που δίνονται στην παρ. 5.1 και στην παρ. 17.5, αφετέρου δε να μην είναι μικρότερο από τις τιμές του Σχήματος 17.8.



Σχήμα 17.8: Επικαλύψεις στην περίπτωση προέντασης μετά την σκλήρυνση του σκυροδέματος

17.10.2.3β Προένταση πριν από την διάστρωση του σκυροδέματος

Η ελάχιστη επικάλυψη πρέπει να συμφωνεί με την παρ. 5.1 και 17.5, αλλά δεν μπορεί να είναι μικρότερη από 20mm ή 2∅. Όταν χρησιμοποιούνται σύρματα νευροχαλύβων $c_{min} = 3\varnothing$.

17.10.2.4 Επιτρεπόμενες ακτίνες καμπυλότητας

Οι καμπυλότητες θα πρέπει να είναι τέτοιες ώστε οι αναπτυσσόμενες κατά την προένταση δυνάμεις εκτροπής να μην προκαλούν θραύση λόγω τοπικής σύνθλιψης ή διάρρηξη του σκυροδέματος .

17.10.3 Αγκύρωση τενόντων προέντασης και διάταξη αρμοκλειδών

Οι διατάξεις αγκύρωσης, σε περίπτωση τενόντων που προεντείνονται μετά από την σκλήρυνση του σκυροδέματος, ή το μήκος αγκύρωσης, σε περίπτωση που προεντείνονται πριν από την έγχυση του σκυροδέματος, πρέπει να εξασφαλίζουν την ανάπτυξη ολόκληρης της αντοχής σχεδιασμού των τενόντων.

Ο έλεγχος των τοπικών θλιπτικών φαινομένων στο σκυρόδεμα και ο υπολογισμός του αντίστοιχου κατάλληλου οπλισμού πρέπει να γίνονται με βάση κατάλληλες μεθόδους των οποίων η αξιοπιστία πρέπει να αποδεικνύεται με αναφορά σε πειραματικά αποτελέσματα.

Αν χρησιμοποιούνται αρμοκλείδες πρέπει να τοποθετούνται έτσι ώστε να επιτυγχάνονται οι απαιτούμενες αντοχές σε όλες τις διατομές και να μπορούν να πραγματοποιούνται επιτυχώς οι αγκυρώσεις που καθορίζονται πιο πάνω.

Γενικώς, οι αρμοκλείδες πρέπει να τοποθετούνται μακράν ενδιαμέσων στηρίξεων. Επίσης, πρέπει να αποφεύγεται η επέκταση μέσω αρμοκλειδών περισσότερων από το 50% των τενόντων σε μία διατομή.

17.11 ΚΑΝΟΝΑΣ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΟΠΛΙΣΜΟΥΣ ΣΥΡΡΑΦΗΣ ΣΕ ΑΡΜΟΥΣ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗΣ

Οι εσωτερικές επίπεδες επιφάνειες του σκυροδέματος που καταπονούνται από διατμητικές δυνάμεις και για τις οποίες δεν προβλέπονται ειδικοί έλεγχοι, πρέπει να διασχίζονται από κατάλληλους οπλισμούς οι οποίοι να αγκυρώνονται και στις δύο πλευρές αυτών των επιφανειών και να κατανέμονται ομοιόμορφα εγκαρσίως. Οι οπλισμοί αυτοί πρέπει να σχηματίζουν με τις επιφάνειες αυτές γωνία 45°-90°.

Στις επιφάνειες αυτές η τιμή της δύναμης ολίσθησης σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους αρμού πρέπει να επαληθεύει την σχέση:

$$v_{Sd} \leq \frac{A_s}{s} \cdot f_{yd} \cdot (1+\cot\alpha) \cdot \sin\alpha \quad (17.6)$$

όπου:

A_S	το άθροισμα των διατομών των οπλισμών που σχηματίζουν στρώση οπλισμού συρραφής,
s	η απόσταση μεταξύ των οπλισμών συρραφής, μετρούμενη παράλληλα προς την υπόψη επιφάνεια,
f_{yd}	η τιμή σχεδιασμού του ορίου διαρροής του οπλισμού συρραφής, και
α	η γωνία του οπλισμού με την υπόψη επίπεδη επιφάνεια.

17.12 ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ ΓΙΑ ΔΕΣΜΕΣ ΡΑΒΔΩΝ

17.12.1 Ισοδύναμη διάμετρος, επικάλυψη, αποστάσεις ράβδων

Δέσμες ράβδων επιτρέπονται για ράβδους με $\varnothing \leq 28$mm και μόνο για ράβδους υψηλής συνάφειας. Οι ράβδοι μιας δέσμης πρέπει να έχουν ίδια διάμετρο και χαρακτηριστικά.

Για τη μελέτη, οι δέσμες αντικαθίστανται από μια ιδεατή ράβδο, η οποία έχει την ίδια διατομή με τη δέσμη, το ίδιο κέντρο βάρους και μια ισοδύναμη διάμετρο $\varnothing_n$ που ορίζεται από τη σχέση:

$$\varnothing_n = \varnothing\sqrt{n} \leq 55\,\text{mm} \quad (17.7)$$

Ο αριθμός των ράβδων μιας δέσμης περιορίζεται σε:

$n \leq 4$ για κατακόρυφες θλιβόμενες ράβδους και για ράβδους μιας ένωσης με υπερκάλυψη,

$n \leq 3$ για όλες τις άλλες περιπτώσεις.

Δεν επιτρέπονται διατάξεις τριών ή περισσότερων ράβδων εν σειρά.

Για τον υπολογισμό της ελάχιστης επικάλυψης σκυροδέματος και των αποστάσεων των ράβδων λαμβάνεται υπόψη η ισοδύναμη διάμετρος $\varnothing_n$. Η επικάλυψη και οι αποστάσεις πρέπει να μετρηθούν από την πραγματική εξωτερική περίμετρο της δέσμης των ράβδων.

17.12.2 Αγκυρώσεις και ενώσεις

Αγκυρώσεις και ενώσεις με υπερκάλυψη δεσμών πραγματοποιούνται με την αγκύρωση και υπερκάλυψη των μεμονωμένων ράβδων.

Οι αγκυρώσεις των ράβδων μιας δέσμης δεν μπορούν να είναι παρά μόνο ευθύγραμμες και οι μεμονωμένες ράβδοι πρέπει να τελειώνουν κατά αποστάσεις. Για δέσμες 2, 3 ή 4 ράβδων οι αποστάσεις αυτές θα πρέπει να είναι αντίστοιχα 1.2, 1.3 και 1.4 φορές το μήκος αγκύρωσης των μεμονωμένων ράβδων. Οι ράβδοι μιας δέσμης πρέπει να υπερκαλύπτονται μία προς μία. Οι μεμονωμένες υπερκαλύψεις των ράβδων μιας δέσμης πρέπει να απέχουν μεταξύ τους. Οι ελάχιστες αποστάσεις δίνονται από την προηγούμενη παράγραφο. Σε καμία διατομή η δέσμη δεν μπορεί να αποτελείται από περισσότερες από 4 ράβδους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 18

ΚΑΝΟΝΕΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Οι κανόνες του Κεφαλαίου αυτού ισχύουν για δομικά στοιχεία από ωπλισμένο ή προεντεταμένο σκυρόδεμα , με ή χωρίς απαιτήσεις πλαστιμότητας.

Ειδικότερα και μόνο για στοιχεία με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας διακρίνονται κρίσιμες ή μη κρίσιμες περιοχές, για τις οποίες και δίνονται ειδικοί κανόνες κατά περίπτωση.

18.1 ΠΛΑΚΕΣ

18.1.1 Είδη πλακών

Η παράγραφος αυτή ισχύει για συμπαγείς ορθογωνικές πλάκες που διαστρώνονται επιτόπου, οι οποίες ικανοποιούν τις συνθήκες της παρ. 7.2.1.2α και για τις οποίες είναι: $\lambda > 4h$ (λ=μικρότερο άνοιγμα, h=πάχος πλάκας). Οι διατάξεις αυτές μπορούν να εφαρμόζονται ανάλογα για πλάκες μη ορθογωνικής μορφής (π.χ. λοξές ή κυκλικές πλάκες) με γραμμικές εδράσεις.

Οι πλάκες διακρίνονται ανάλογα με τη στατική τους λειτουργία σε διέρειστες ή τετραέρειστες.

Οι διέρειστες πλάκες καταπονούνται κυρίως κατά μία διεύθυνση (διεύθυνση οπλισμού αντοχής). Απαραίτητος θεωρείται ο ελάχιστος δευτερεύων (εγκάρσιος) οπλισμός.

Στις τετραέρειστες πλάκες λαμβάνεται υπόψη η στατική λειτουργία και των δύο διευθύνσεων.

18.1.2 Έδραση πλακών

Τα ελάχιστα πλάτη έδρασης πρέπει να είναι:

α) για στήριξη πάνω σε δομικά στοιχεία από τοιχοποιία ή σκυρόδεμα 100 mm

β) για στήριξη πάνω σε δομικά στοιχεία από χάλυβα 70 mm

18.1.3 Ελάχιστα πάχη πλακών

Το πάχος της πλάκας πρέπει να είναι τουλάχιστον:

α) γενικά 70 mm

β) για πλάκες κυκλοφορίας επιβατικών αυτοκινήτων 100 mm

γ) για πλάκες κυκλοφορίας φορτηγών αυτοκινήτων 120 mm

δ) για πλάκες μόνο κατ' εξαίρεση βατές, όπως για εργασίες συντήρησης ή καθαρισμού (π.χ. ορισμένες πλάκες στεγών) 50 mm

18.1.4 Οπλισμός κάμψης πλακών

18.1.4.1 Γενικά

Ο οπλισμός κάμψης είναι αυτός που παραλαμβάνει τα μεγέθη ορθής έντασης, M και N. Το εμβαδόν των διατομών του κυρίου οπλισμού πρέπει να είναι μεγαλύτερο από:

• $\min A_s = 0.6 b \cdot d / f_{yk}$, f_{yk} σε MPa, και .... (18.1)

• $\min A_s = 0.0015 b \cdot d$ .... (18.2)

Το εμβαδόν των διατομών του κύριου οπλισμού δεν μπορεί να υπερβαίνει το 4% της διατομής του σκυροδέματος εκτός των περιοχών ενώσεων με υπερκάλυψη.

Το εμβαδόν του δευτερεύοντος οπλισμού πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσο προς το 20% του εμβαδού του κύριου οπλισμού και τουλάχιστον 4∅6/m, ανεξαρτήτως της ποιότητας του χάλυβα.

Σε τετραέρειστες πλάκες και όταν δεν ελέγχεται με ακρίβεια η κάλυψη των ροπών, επιτρέπεται ο οπλισμός των ανοιγμάτων να μειώνεται στο μισό στις ακραίες λωρίδες πλάτους $c = 0.20 \cdot \min \lambda$.

Η απόσταση μεταξύ των ράβδων δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από:

250mm για τον δευτερεύοντα οπλισμό

$1.50 \cdot h$ ή 200mm για τον κύριο οπλισμό.

Στις κύριες ακραίες στηρίξεις πλακών στις οποίες δεν ελήφθη υπόψη ενδεχόμενη μερική πάκτωση της πλάκας, πρέπει να προβλεφθεί ένας κύριος άνω οπλισμός ίσος με το 1/4 του οπλισμού ανοίγματος. Ο οπλισμός αυτός πρέπει να εκτείνεται πέρα από την παρειά του στηρίγματος, σε απόσταση τουλάχιστον ίση με 0.2 φορές το μήκος του ανοίγματος.

Ένα ποσοστό ίσο με το ½ του οπλισμού ανοίγματος πρέπει να συνεχίζεται και στις στηρίξεις.

Οι οπλισμοί αυτοί πρέπει να αγκυρώνονται κατάλληλα (βλ. παρ. 17.8.4 και 17.8.5).

Ο διαμήκης κύριος οπλισμός που προκύπτει λόγω συγκεντρωμένων ή τμηματικών συνεχών φορτίων πρέπει να κατανέμεται σε πλάτος (βλ.παρ. 9.1.6) $s_y = 0.5 \cdot b_m \geq t_y$.

Αν δεν γίνεται ακριβέστερος έλεγχος, κάτω από τα προηγούμενα φορτία πρέπει να διατάσσεται πρόσθετος εγκάρσιος οπλισμός, ίσος τουλάχιστον με το 60% του οπλισμού που προέκυψε από το υπόψη φορτίο.

Σε προβόλους με συγκεντρωμένα φορτία πρέπει να διατάσσεται στην κάτω πλευρά εγκάρσιος οπλισμός ίσος με το 60% του οπλισμού που απαιτείται για την ανάληψη της ροπής στήριξης, η οποία προκαλείται από το υπόψη φορτίο.

Ο πρόσθετος αυτός οπλισμός πρέπει να κατανέμεται σε πλάτος ίσο με το μισό του πλάτους διανομής b_m του συγκεντρωμένου φορτίου, αλλά όχι μικρότερο του πλάτους εισαγωγής του συγκεντρωμένου φορτίου στο μέσο επίπεδο της πλάκας κατά τη διεύθυνση του κύριου οπλισμού, t_x. Οι ράβδοι του πρόσθετου εγκάρσιου οπλισμού πρέπει να αγκυρώνονται πέρα από το πλάτος διανομής b_m του συγκεντρωμένου φορτίου.

Όταν ο κύριος οπλισμός είναι παράλληλος σε στήριξη που δεν έχει ληφθεί υπόψη στον υπολογισμό της πλάκας, οι εγκάρσιες εφελκυστικές τάσεις που αναπτύσσονται πάνω σε αυτή τη στήριξη πρέπει να αναλαμβάνονται από αντίστοιχο άνω οπλισμό, ίσο τουλάχιστο με το 60% του κύριου οπλισμού της πλάκας και τουλάχιστον 5∅8/m, ανεξαρτήτως της ποιότητας του χάλυβα.

Ο οπλισμός αυτός πρέπει να φθάνει σε απόσταση από την παρειά στήριξης ίση με το τέταρτο του ανοίγματος υπολογισμού της πλάκας.

18.1.4.2 Οπλισμοί γωνιών πλακών μη μονολιθικώς συνδεδεμένων με τα στοιχεία εδράσεώς των

Σε περίπτωση που παρεμποδίζεται η ανύψωση της γωνίας μιας πλάκας της οποίας δύο διαδοχικές πλευρές εδράζονται μη ολόσωμα, και εφόσον αυτό δεν έχει ληφθεί υπόψη στον

υπολογισμό, πρέπει γενικά να προβλέπεται ένας οπλισμός τουλάχιστον ίσος με τον οπλισμό του ανοίγματος στην άνω και κάτω επιφάνεια:

α) κατά τις κύριες διευθύνσεις των εφελκυστικών τάσεων, ή

β) με ορθογωνικό πλέγμα παράλληλο στις πλευρές.

Αν στην γωνία η μια πλευρά εδράζεται απλά, ενώ η άλλη είναι πακτωμένη, ο οπλισμός αυτός θα πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσος με το μισό του οπλισμού ανοίγματος.

Οι οπλισμοί αυτοί των γωνιών θα πρέπει να εκτείνονται πέρα από την παρειά της στήριξης σε μήκος τουλάχιστον ίσο με 0.3 φορές το μήκος του μικρότερου ανοίγματος.

18.1.5 Οπλισμός διάτμησης και διάτρησης πλακών

18.1.5.1 Γενικά περί οπλισμού διάτμησης

Οι πλάκες με οπλισμό διατμήσεως θα πρέπει να έχουν πάχος τουλάχιστον ίσο με 200mm.

Οι οπλισμοί διάτμησης πλακών, εφόσον απαιτούνται (βλ. παρ. 11.1.1), μπορούν να αποτελούνται από κλειστούς ή ανοικτούς συνδετήρες και/ή λοξές ράβδους. Το ποσοστό οπλισμού διατμήσεως, εφόσον απαιτείται, δεν μπορεί να υπολείπεται του 60% των τιμών που δίνονται στον Πίνακα Σ18.1 για δοκούς.

Οι ράβδοι που κάμπτονται προς τα πάνω πρέπει να προέρχονται από τους οπλισμούς κάμψης. Γενικά, η γωνία κλίσης των ράβδων αυτών ως προς την οριζόντια δεν θα πρέπει να είναι μικρότερη των 45°. Εάν, όμως, προβλέπεται μόνο μια σειρά κεκαμμένων ράβδων (για κάθε κατεύθυνση) η γωνία κλίσης μπορεί να μειωθεί μέχρι 30°.

Η απόσταση s μεταξύ των διαφόρων σειρών του οπλισμού διάτμησης, πρέπει να ικανοποιεί την συνθήκη:

$$s \leq 0.6d \cdot (1 + \cot\alpha) \qquad (18.3)$$

Η απόσταση μεταξύ της παρειάς μιας στήριξης ή της περιμέτρου μιας φορτιζόμενης επιφάνειας και της πλησιέστερης σειράς του οπλισμού διάτμησης δεν θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη του $d/2$.

Η απόσταση αυτή θα μετριέται:

για συνδετήρες, στο μέσο επίπεδο της πλάκας,

για λοξές ράβδους, στο επίπεδο του "πάνω" οπλισμού κάμψης.

18.1.5.2 Γραμμικές στηρίξεις πλακών

Στις γραμμικές στηρίξεις των πλακών απαιτείται οπλισμός διάτμησης όταν δεν ικανοποιείται η εξίσωση (11.1). Για αυτόν τον οπλισμό απαιτείται ένα ελάχιστο ποσοστό (παρ. 11.1 και παρ. 18.3.4).

Όταν τοποθετούνται συνδετήρες πρέπει να περιβάλλουν τουλάχιστον το μισό των ράβδων του εξωτερικού εφελκυόμενου οπλισμού, ενώ δεν απαιτείται να περιβάλλουν τους οπλισμούς της θλιβόμενης ζώνης.

Η παράλληλη προς την στήριξη απόσταση των σκελών οπλισμού διάτμησης σε μια διατομή δεν πρέπει να υπερβαίνει το 1.0d ή τα 800 mm .

Ο οπλισμός διάτμησης μπορεί να αποτελείται μόνο από λοξές ράβδους αν:

$$V_{Sd} < V_{Rd2}/3 .$$

Εάν όχι, τότε μόνο συνδετήρες πρέπει να ικανοποιούν την απαίτηση ελάχιστου οπλισμού, με αποστάσεις s_{max} που να ικανοποιούν τις απαιτήσεις της παραγρ. 18.3.4.

18.1.5.3 Οπλισμός διάτρησης πλακών

Το ποσοστό οπλισμού διάτρησης, εφόσον απαιτείται, δεν μπορεί να υπολείπεται του 60% των τιμών που δίνονται για δοκούς.

Ως οπλισμοί διάτρησης (παρ. 13.4.2) μπορούν να ληφθούν υπόψη:

α) Σε περίπτωση συνδετήρων, εκείνοι οι συνδετήρες που περιλαμβάνονται σε μια ζώνη η οποία εκτείνεται σε απόσταση όχι μεγαλύτερη από 1.5d ή 800mm από την φορτιζόμενη επιφάνεια. Η συνθήκη (18.3) θα πρέπει να ικανοποιείται για όλες τις διευθύνσεις.

Τα κατακόρυφα μέλη των συνδετήρων θα ξεκινούν από απόσταση το πολύ 0.5d από την παρειά του στύλου, θα απέχουν μεταξύ τους το πολύ 0.75d και θα περιβάλλουν τουλάχιστον ανά μία στρώση τους άνω και κάτω οπλισμούς κάμψης. Οι συνδετήρες μπορούν να τοποθετηθούν σε κύκλο ή ορθογώνιο γύρω από το υποστύλωμα.

β) Σε περίπτωση λοξών ράβδων εκείνες μόνο που διατέμνουν την επιφάνεια, η οποία βρίσκεται σε απόσταση όχι μεγαλύτερη από 2d ή 800mm από την φορτιζόμενη επιφάνεια.

Για να περιορισθεί η πιθανότητα αλυσωτής κατάρρευσης, που θα μπορούσε να ξεκινήσει από μια τοπική αστοχία σε διάτρηση, συνιστάται να προβλέπεται στην πλάκα κάτω διαμήκης οπλισμός, ο οποίος να διέρχεται από τις διεπιφάνειες πλάκας – υποστυλώματος και να έχει καλή αγκύρωση εκατέρωθεν.

18.1.5.4 Ελεύθερα άκρα πλακών

Κατά μήκος ενός ελεύθερου άκρου, μία πλάκα πρέπει να περιέχει:

Διαμήκη οπλισμό από δύο τουλάχιστον ράβδους, την μία στην «πάνω» ακμή και την άλλη στην «κάτω» ακμή. Το ελάχιστο εμβαδόν αυτού του οπλισμού είναι $0.005 \cdot h^2$ για S220 και $0.0025 \cdot h^2$ για S400 και S500, τουλάχιστον όμως 2∅8.

Εγκάρσιο οπλισμό κάθετο προς τον προηγούμενο και του οποίου τα ελεύθερα σκέλη έχουν μήκος τουλάχιστον 2h. Ο ελάχιστος εγκάρσιος οπλισμός είναι τουλάχιστον 4∅6/m, ανεξαρτήτως της ποιότητας του χάλυβα.

18.2 ΠΛΑΚΕΣ ΜΕ ΝΕΥΡΩΣΕΙΣ ('Η ΜΕ ΣΩΜΑΤΑ ΠΛΗΡΩΣΗΣ)

18.2.1 Ορισμός και πεδίο εφαρμογής

Οι πλάκες με νευρώσεις (ή με σώματα πλήρωσης) συντίθεται από πλακοδοκούς με ελεύθερη απόσταση νευρώσεων το πολύ 700mm και με πλάτος νευρώσεων τουλάχιστον 70mm.

Σε αυτές τις περιπτώσεις δεν απαιτείται έλεγχος της πλάκας μεταξύ των νευρώσεων, με την προϋπόθεση ότι το ομοιομόρφως κατανεμημένο μεταβλητό φορτίο δεν είναι μεγαλύτερο από $5kN/m^2$ και ότι δεν κυκλοφορούν οχήματα με φορτίο τροχού μεγαλύτερο από 7.5kN.

18.2.2 Διέρειστες πλάκες

18.2.2.1 Πλάκες

Το πάχος της πάνω ή της κάτω πλάκας πρέπει να είναι τουλάχιστον το 1/10 της ελεύθερης απόστασης των νευρώσεων ή 50mm.

Η πάνω πλάκα πρέπει να οπλίζεται με σταυροειδή οπλισμό, με διατομή σε κάθε διεύθυνση τουλάχιστον ίση με το 0.001 της διατομής της πλάκας (S400, S500).

Η κάτω πλάκα, αν υπάρχει, πρέπει να οπλίζεται κι αυτή με σταυροειδή οπλισμό, τουλάχιστον ίσον με το 75% του οπλισμού της πάνω πλάκας (S400, S500).

18.2.2.2 Διαμήκεις νευρώσεις

Οι νευρώσεις πρέπει να έχουν πλάτος τουλάχιστον 70mm. Εφόσον προς τις στηρίξεις διαπλατύνονται οι νευρώσεις, η αύξηση του πλάτους της νεύρωσης b επιτρέπεται να τίθεται στον υπολογισμό με κλίση το πολύ 1:3.

Ο διαμήκης οπλισμός πρέπει να διανέμεται στις επιμέρους νευρώσεις όσο το δυνατό ομοιόμορφα.

Στη στήριξη μπορεί να κάμπτεται λοξά κάθε δεύτερη ράβδος οπλισμού, εφόσον σε κάθε νεύρωση υπάρχουν 2 ράβδοι τουλάχιστον.

Στις εσωτερικές στηρίξεις συνεχών πλακών επιτρέπεται να λαμβάνεται στον υπολογισμό ως θλιβόμενος οπλισμός μόνο ο οπλισμός του ανοίγματος που είναι μικρότερος από το 0.01 της διατομής του σκυροδέματος (S400, S500). Ο θλιβόμενος οπλισμός πρέπει να εξασφαλίζεται έναντι λυγισμού, π.χ. με συνδετήρες.

Στις νευρώσεις πρέπει να διατάσσονται συνδετήρες όταν το ομοιομόρφως κατανεμημένο μεταβλητό φορτίο είναι μεγαλύτερο από 3kN/m2 και η διάμετρος του διαμήκους οπλισμού των νευρώσεων είναι μεγαλύτερη από 16mm.

Στην περιοχή των εσωτερικών στηρίξεων συνεχών πλακών και σε πλάκες με ειδικές απαιτήσεις πυρασφάλειας πρέπει να διατάσσονται πάντοτε συνδετήρες.

Σε όλες τις στηρίξεις πλακών με νευρώσεις (ή με σώματα πληρώσεως) συνιστάται να κατασκευάζεται συμπαγής λωρίδα σκυροδέματος, με πλάτος ίσο προς το 5% του αντίστοιχου θεωρητικού ανοίγματος της πλάκας.

18.2.2.3 Εγκάρσιες νευρώσεις

Σε πλάκες με θεωρητικό άνοιγμα μέχρι 6m πρέπει να τοποθετείται τουλάχιστον μία εγκάρσια νεύρωση στο μέσον.

Για θεωρητικά ανοίγματα μεγαλύτερα των 6m πρέπει να τοποθετείται τουλάχιστον μία εγκάρσια νεύρωση ανά $10 \cdot h_o$, όπου h_o είναι το συνολικό πάχος της πλάκας.

Εάν δεν γίνεται ακριβέστερος υπολογισμός (π.χ. εσχάρα δοκών) ο οπλισμός της εγκάρσιας νεύρωσης θα είναι τουλάχιστον ίσος με τον οπλισμό μιας διαμήκους νεύρωσης. Ο οπλισμός αυτός θα τοποθετείται και στο πάνω και στο κάτω πέλμα της νεύρωσης.

Επίσης, θα τοποθετούνται συνδετήρες όπως στις διαμήκεις νευρώσεις.

Το ύψος των εγκάρσιων νευρώσεων πρέπει να είναι ίδιο με το ύψος των διαμήκων.

18.2.3 Τετραέρειστες πλάκες

Εφαρμόζονται ανάλογα οι κανόνες για τις διέρειστες πλάκες. Ιδιαίτερα πρέπει να τηρούνται και κατά τις δύο διευθύνσεις οι απαιτήσεις για τις μέγιστες αποστάσεις των νευρώσεων και τις ελάχιστες διαστάσεις νευρώσεων και πλακών, κατά τις παρ. 18.2.2.1 έως παρ. 18.2.2.3.

18.3 ΔΟΚΟΙ

Στο Κεφάλαιο αυτό δίδονται διατάξεις για τα γεωμετρικά στοιχεία και τις λεπτομέρειες όπλισης δοκών με ή χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας (βλ. παρ. 6.1.3).

Δεν επιτρέπεται η χρήση λείων χαλύβων ως διαμήκων οπλισμών σε δοκούς με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας.

18.3.1 Γεωμετρικά στοιχεία

Σε όλες εν γένει τις δοκούς, πρέπει το πλάτος b_w να ικανοποιεί την συνθήκη $b_w \geq 200\text{mm}$.

Σε δοκούς με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας συνιστάται:

α) το πλάτος b_w να ικανοποιεί τις συνθήκες

$$b_w < 2 \cdot b_c$$

$$b_w < b_c + \frac{h_c}{2}$$

όπου b_c και h_c η διάσταση της διατομής του υποστυλώματος κάθετα και παράλληλα προς τον άξονα της δοκού,

β) ο λόγος ανοίγματος προς ύψος να είναι τουλάχιστον ίσος προς 4, και

γ) η εκκεντρότητα του άξονα της δοκού να μην υπερβαίνει το 1/3 του πλάτους του υποστυλώματος που τη στηρίζει στη θέση του κόμβου.

18.3.2 Διαμήκεις οπλισμοί

Σε όλες εν γένει τις δοκούς το ελάχιστο ποσοστό εφελκυόμενου διαμήκους οπλισμού (ρ_{min}) πρέπει στο κάτω πέλμα (ή στο άνω πέλμα σε περίπτωση προβόλων) και στις περιοχές στηρίξεων να είναι:

$$\rho_{min} = \frac{1}{2} \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yd}} \quad \text{.......... (18.4)}$$

Σε όλες εν γένει, τις δοκούς, η συνολική διατομή του διαμήκους οπλισμού, δεν μπορεί να υπερβαίνει το 4% της διατομής του σκυροδέματος, εκτός περιοχών ενώσεων.

Σε όλες εν γένει, τις δοκούς, πρέπει τουλάχιστον το ¼ της διατομής του οπλισμού του ανοίγματος να συνεχίζεται και να αγκυρώνεται κατάλληλα στις στηρίξεις στο κάτω πέλμα (βλ. παρ. 17.8.4 και παρ. 17.8.5).

Σε δοκούς με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας και σε θέσεις στις οποίες υπάρχει πιθανότητα σχηματισμού πλαστικών αρθρώσεων (παρ. 18.3.3), το μέγιστο ποσοστό εφελκυόμενου διαμήκους οπλισμού (ρ_{max}) πρέπει να ικανοποιεί την ακόλουθη συνθήκη:

$$\rho_{max} = 0.65 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot \frac{\rho'}{\rho} + 0.0015 \leq \frac{7}{f_{yd}} \quad \text{.......... (18.5)}$$

όπου το f_{yd} εκφράζεται σε MPa, ενώ τα ρ και ρ' είναι τα ποσοστά του εφελκυόμενου και θλιβόμενου διαμήκους οπλισμού. Όταν η θλιβόμενη ζώνη περιέχει και πλάκα (πλακοδοκός) τα ποσοστά οπλισμού ανάγονται σε ορθογωνική διατομή με ισοδύναμο πλάτος.

Οι παρακάτω κανόνες α έως δ ισχύουν μόνο για δοκούς με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας:

α) Στις περιοχές πιθανών πλαστικών αρθρώσεων κοντά στα άκρα (σε μήκος $2 \cdot h_b$ από τις εσωτερικές παρειές στήριξης), το ποσοστό ρ' του θλιβόμενου οπλισμού πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσο με το μισό του εφελκυόμενου οπλισμού στην ίδια διατομή.

β) Σε όλο του μήκος του πάνω πέλματος πρέπει να εκτείνεται τουλάχιστον το 1/4 του μεγαλύτερου από τους οπλισμούς πάνω πέλματος των εκατέρωθεν στηρίξεων.

γ) Σε όλο το μήκος του πάνω και κάτω πέλματος απαιτούνται τουλάχιστον 2 ράβδοι διαμέτρου 12mm/S400 ή S500.

δ) Σε πλακοδοκούς διατομής Τ ή Γ μονολιθικά συνδεδεμένες με την πλάκα, μπορεί να συνυπολογιστούν στον οπλισμό στηρίξεων, επιπλέον των διαμήκων ράβδων που βρίσκονται μέσα στο πλάτος της δοκού, και οι ράβδοι που βρίσκονται στα τμήματα της πλάκας εκατέρωθεν της δοκού και εντός πλάτους, από την παρειά του υποστυλώματος ή της δοκού (οποιοδήποτε βρίσκεται σε μεγαλύτερη απόσταση από τον άξονα της δοκού), ίσου με:

I σε εσωτερικά υποστυλώματα με εγκάρσιες δοκούς παρόμοιου ύψους: 4 φορές το πάχος της πλάκας,

II σε εξωτερικά υποστυλώματα χωρίς εγκάρσιες δοκούς ή τοιχώματα: 2.5 φορές το πάχος της πλάκας,

III σε εξωτερικά υποστυλώματα με εγκάρσιες δοκούς παρόμοιου ύψους και εφόσον ο οπλισμός της δοκού αγκυρώνεται εκεί: 2 φορές το πάχος της πλάκας,

IV σε εξωτερικά υποστυλώματα ή τοιχώματα χωρίς εγκάρσιες δοκούς: μηδέν.

Το συνολικό πλάτος που καθορίζεται παραπάνω δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερο από το συνεργαζόμενο πλάτος της δοκού σύμφωνα με την παρ. 8.4.

Οι οπλισμοί αυτοί δεν περιλαμβάνονται στα ελάχιστα ποσοστά οπλισμών.

Σε όλες τις περιπτώσεις, τουλάχιστον το 75% του οπλισμού που λαμβάνεται υπόψη στον έλεγχο της καμπτικής αντοχής στη στήριξη, πρέπει να περνά μέσα από ή να αγκυρώνεται μέσα στο πλάτος του υποστυλώματος.

18.3.3 Κρίσιμες περιοχές δοκού με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας

Ως κρίσιμες περιοχές θεωρούνται τα ακραία τμήματα της δοκού με μήκος λ_{cr} από τις παρειές στήριξης σε υποστύλωμα ή τοίχωμα ίσο με 2 φορές του ύψος δοκού $(\lambda_{cr} = 2 \cdot h_b)$.

18.3.4 Οπλισμοί διατμήσεως

Κάθε δοκός θα πρέπει να έχει σε όλο το μήκος της έναν ελάχιστο αριθμό ανοικτών ή κλειστών συνδετήρων.

Για να εξασφαλιστεί ικανή απομένουσα αντοχή μετά την ρηγμάτωση και πριν από την θραύση, απαιτείται ένα ελάχιστο ποσοστό οπλισμού.

Οι συνδετήρες συνιστάται να μην έχουν διάμετρο μεγαλύτερη από 12mm.

Η μέγιστη απόσταση s_{max} μεταξύ διαδοχικών οπλισμών διάτμησης καθορίζεται από τις παρακάτω σχέσεις:

- $0.8 \cdot d \leq 300mm$ ....για $V_{Sd} < \frac{1}{5} \cdot V_{Rd2}$ (18.6
- $0.6 \cdot d \leq 300mm$ .... για $\frac{1}{5} \cdot V_{Rd2} < V_{Sd} \leq \frac{2}{3} \cdot V_{Rd2}$ (18.7

- $0.3 \cdot d \leq 200mm$ ....για $V_{Sd} > \frac{2}{3} \cdot V_{Rd2}$ (18.8

Η απόσταση μεταξύ των σκελών ενός συνδετήρα πρέπει να μην είναι μεγαλύτερη από d ή από 500mm, εάν $V_{Sd} < \frac{1}{5} \cdot V_{Rd2}$.

Για $V_{Sd} > \frac{1}{5} \cdot V_{Rd2}$, ισχύουν τα όρια των σχέσεων (18.7) και (18.8).

Στις κρίσιμες περιοχές δοκών με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας, οι συνδετήρες πρέπει να έχουν διάμετρο τουλάχιστον 8mm και αποστάσεις που δεν υπερβαίνουν την ελάχιστη από τις εξής τιμές:

- το 1/3 του ύψους της δοκού,
- 10 φορές τη διάμετρο της λεπτότερης διαμήκους ράβδου,
- 20 φορές τη διάμετρο των συνδετήρων,
- 200mm.

Ο πρώτος από τη στήριξη συνδετήρας δεν επιτρέπεται να απέχει από την παρειά στήριξης της δοκού περισσότερο από 50mm γενικώς.

Ενώσεις του διαμήκους οπλισμού με υπερκάλυψη των άκρων επιτρέπονται μόνο εκτός των κρίσιμων περιοχών της δοκού (βλ. και παρ. 17.7.2.1). Οι αποστάσεις συνδετήρων στην περιοχή μιας τέτοιας ένωσης δεν μπορούν να υπερβαίνουν τα 150mm, το τέταρτο του ύψους της δοκού και το οκταπλάσιο της μικρότερης διαμέτρου των ράβδων που ενώνονται.

18.3.5 Αγκύρωση διαμήκους οπλισμού

Δοκοί με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας πρέπει να ακολουθούν τις εξής διατάξεις αγκύρωσης του διαμήκους οπλισμού:

α) Οι ράβδοι του πάνω και κάτω πέλματος που φθάνουν έως μια ενδιάμεση στήριξη σε υποστύλωμα πρέπει να συνεχίζονται, εφόσον είναι κατασκευαστικά δυνατόν, πέρα από τη στήριξη στο επόμενο άνοιγμα και για μήκος τουλάχιστον ίσο με $l_{b,min}$ (βλ. παρ. 17.6.3).

β) Όταν δεν είναι κατασκευαστικά δυνατή η ευθύγραμμη συνέχιση των οπλισμών πελμάτων μιας δοκού πέρα από τον κόμβο στήριξης, (π.χ. σε ενδιάμεσα υποστυλώματα όπου καταλήγουν ανισοϋψείς δοκοί, ή σε ακραία υποστυλώματα), τότε οι ράβδοι των πελμάτων της δοκού μπορούν να αγκυρώνονται μέσα στον κόμβο δοκού – υποστυλώματος (ή δοκού - τοιχώματος), ως εξής:

- Οι ράβδοι πρέπει να επεκτείνονται όσο γίνεται πιο κοντά στην απέναντι πλευρά του κόμβου, όπου και θα κάμπτονται κατά 90° προς το εσωτερικό του κόμβου (δηλ. οι πάνω ράβδοι προς τα κάτω και οι κάτω προς τα πάνω).

- Το μήκος αγκύρωσης μετράται από απόσταση 5∅ πέρα από το σημείο εισόδου της ράβδου στον κόμβο. Σχετικώς μπορεί να ληφθεί υπόψη η ευνοϊκή επιρροή της εγκάρσιας θλίψης κατά την παρ. 17.5.

18.3.6 Οπλισμός σύνδεσης πελμάτων-κορμού πλακοδοκών και τοιχωμάτων

Απαιτείται ένα ελάχιστο ποσοστό εγκάρσιου οπλισμού σύνδεσης, ο οποίος εξασφαλίζει τη σύνδεση των πελμάτων με τον κορμό μιας δοκού ή ενός τοιχώματος.

18.3.7 Οπλισμοί στρέψης

Οι διατάξεις των παρ. 18.3.2 και 18.3.4 που αναφέρονται σε δοκούς χωρίς αυξημένη απαίτηση πλαστιμότητας ισχύουν για τον διαμήκη οπλισμό και τους κλειστούς συνδετήρες δοκών οι οποίες καταπονούνται σε στρέψη.

Οι αποστάσεις μεταξύ των κλειστών συνδετήρων δεν πρέπει να υπερβαίνουν την τιμή $u_k/8$.

Οι διαμήκεις ράβδοι πρέπει να διατάσσονται έτσι ώστε μία τουλάχιστον ράβδος να τοποθετείται σε κάθε γωνία του συνδετήρα, οι δε υπόλοιπες να κατανέμονται ομοιόμορφα στην εσωτερική περίμετρο του συνδετήρα, κατ' αποστάσεις που δεν υπερβαίνουν τα 350mm.

18.3.8 Φορτία αναρτημένα από τα κάτω

Για φορτία αναρτημένα από τα κάτω οι διατάξεις ανάρτησης, εφόσον τερματίζουν μέσα στο σκυρόδεμα, πρέπει να αγκυρώνονται σαν αναβολείς.

Τα φορτία αυτά μπορούν επίσης να αναρτώνται με προεντεταμένες ράβδους χωρίς σύνδεση, που αγκυρώνονται στην πάνω πλευρά της δοκού.

Οι οπλισμοί ανάρτησης πρέπει να είναι ικανοί να αναλάβουν ολόκληρο το αναρτώμενο φορτίο.

Σε ανεστραμμένες πλακοδοκούς, οι οπλισμοί αναρτήσεως (για τα φορτία των πλακών) πρέπει να αποτελούνται από κλειστούς συνδετήρες.

18.4 ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ

18.4.1 Γενικά

Δεν επιτρέπεται η χρήση λείων χαλύβων ως διαμήκων οπλισμών σε υποστυλώματα.

18.4.2 Γεωμετρικά στοιχεία

Σε όλα εν γένει τα υποστυλώματα, οι διαστάσεις της διατομής πρέπει να ακολουθούν τους εξής κανόνες:

α) Ελάχιστη πλευρά υποστυλώματος τουλάχιστον 250mm, ελάχιστη διάμετρος υποστυλώματος τουλάχιστον 300mm. Αν δεν απαιτείται οπλισμός περίσφιξης

σύμφωνα με την παρ. 18.4.4.2 επιτρέπεται ελάχιστη πλευρά ή διάμετρος 200mm ή 250mm, αντιστοίχως.

β) Σε γωνιακά υποστυλώματα με διατομή μορφής Γ, το κάθε σκέλος πρέπει να έχει πάχος τουλάχιστον 200mm και μήκος τουλάχιστον 350mm.

Για να εξασφαλίζεται επαρκής πλαστιμότητα σε υποστυλώματα με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας, πρέπει η διατομή τους να είναι τέτοια, ώστε να πληρούται η συνθήκη:

$$\nu_d = \frac{N_{Sd}}{A_c \cdot f_{cd}} \leq 0.65$$

για τους συνδυασμούς δράσεων με σεισμό.

Υδρορροές δεν επιτρέπεται να τοποθετούνται μέσα στα υποστυλώματα.

18.4.3 Διαμήκεις οπλισμοί

Ο ελάχιστος συνολικός αριθμός διαμήκων ράβδων είναι τέσσερις για ορθογωνικά και έξι για κυκλικά υποστυλώματα. Στην περίπτωση πολυγωνικών υποστυλωμάτων, τοποθετείται τουλάχιστον μία διαμήκης ράβδος σε κάθε γωνία. Η διάμετρος των διαμήκων ράβδων δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 14mm.

Το ποσοστό του περιμετρικώς διατεταγμένου διαμήκους οπλισμού πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 0.01 (ή 0.008, αν δεν απαιτείται οπλισμός περίσφιξης σύμφωνα με την παρ. 18.4.4.2) και 0.04. Στην περιοχή των ενώσεων με υπερκάλυψη, το ποσοστό του διαμήκους οπλισμού μπορεί να φθάσει στο 0.08.

Σε υποστυλώματα με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας, οι διαμήκεις οπλισμοί πρέπει να συγκρατούνται από συνδετήρες ή και εγκάρσιους συνδέσμους και διατάσσονται κατά μήκος της περιμέτρου της διατομής έτσι ώστε η απόστασή τους να μην ξεπερνά τα 200mm. Εξαίρεση της απαίτησης αυτής επιτρέπεται σε υποστυλώματα με πλευρά 300mm, όπου επιτρέπεται να τοποθετούνται ράβδοι μόνο στις γωνίες αυτής της πλευράς.

Σε υποστυλώματα χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας επιτρέπεται να διατάσσονται διαμήκεις ράβδοι σε αποστάσεις 300mm.

18.4.4 Εγκάρσιοι οπλισμοί (συνδετήρες και σύνδεσμοι)

18.4.4.1 Γενικά

Οι διαμήκεις οπλισμοί πρέπει να συγκρατούνται από πυκνούς συνδετήρες, με μικρή κατά το δυνατόν διάμετρο.

Για μεγάλα υποστυλώματα η συγκράτηση μπορεί να γίνει με την βοήθεια σιγμοειδούς οπλισμού (εγκάρσιοι σύνδεσμοι), με άγκιστρα σύμφωνα με την παρ. 17.9.3.

Σε κυκλικά υποστυλώματα η σωστή συγκράτηση μπορεί να επιτευχθεί με την βοήθεια κυκλικών συνδετήρων (ή σπειροειδούς οπλισμού), οι οποίοι περιβάλλουν τις διαμήκεις ράβδους ή δέσμες ράβδων.

Γενικά, η διάμετρος του εγκάρσιου οπλισμού δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 6mm ή από το 1/4 της μέγιστης διαμέτρου των διαμήκων ράβδων. Η μεταξύ τους απόσταση δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από:

- 12 φορές την ελάχιστη διάμετρο των διαμήκων ράβδων,
- τη μικρότερη πλευρά του υποστυλώματος,
- 300 mm.

Ειδικώς στις κρίσιμες περιοχές των υποστυλωμάτων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας (παρ. 18.4.5), η διάμετρος του εγκάρσιου οπλισμού δεν μπορεί να είναι μικρότερη από 8mm ή από 1/3 της μέγιστης διαμέτρου διαμήκους ράβδου. Η μεταξύ τους απόσταση δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερη από:

- 8 φορές την ελάχιστη διάμετρο των διαμήκων ράβδων,
- 50% της μικρότερης πλευράς του υποστυλώματος,
- 100 mm.

Όταν οι ενώσεις με υπερκάλυψη των διαμήκων ράβδων γίνονται μέσα στις κρίσιμες περιοχές υποστυλωμάτων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας, η μέγιστη απόσταση των συνδετήρων περιορίζεται σε 4 φορές την ελάχιστη διάμετρο των διαμήκων ράβδων. Σε υποστυλώματα χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας και σε μη κρίσιμες περιοχές υποστυλωμάτων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας, η μέγιστη απόσταση των συνδετήρων στις περιοχές ενώσεων περιορίζεται σε 6 φορές την ελάχιστη διάμετρο των διαμήκων ράβδων.

18.4.4.2 Οπλισμός περίσφιγξης

Στις κρίσιμες περιοχές υποστυλωμάτων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας (παρ. 18.4.5) θα πρέπει να υπάρχει ικανοποιητικός οπλισμός περίσφιγξης. Η διάταξη αυτή αφορά μόνο υποστυλώματα αμιγών πλαισιακών φορέων και όχι υποστυλώματα σε κτίρια με κατάλληλα διαμορφωμένο μικτό σύστημα σύμφωνα με την παρ. 4.1.4.2β του ΕΑΚ με την προϋπόθεση όμως ότι ο λόγος η_v της σχέσης 4.8 του ΕΑΚ είναι >0.75.

α) Ο οπλισμός περίσφιγξης οφείλει να είναι επαρκής:

Για την αντιστάθμιση της απώλειας εμβαδού διατομής σκυροδέματος έξω από τους συνδετήρες, μετά την υπέρβαση της κρίσιμης παραμόρφωσης του μη-περισφιγμένου σκυροδέματος («αποφλοίωση»), και

Για την πρόσδοση αρκετής ικανότητας πλαστικής στροφής της κρίσιμης περιοχής του υποστυλώματος («πλαστιμότητα»), έτσι ώστε η στροφή αυτή να είναι συμβιβαστή με την προεκτιμηθείσα στάθμη συνολικής απορρόφησης ενέργειας του δομήματος, όπως εκφράζεται από τον δείκτη σεισμικής συμπεριφοράς που έχει προ-επιλεγεί.

β) Εάν δεν διατίθεται αναλυτικότερη αιτιολόγηση στηριγμένη στην διεθνή βιβλιογραφία και εμπειρία, η πρόβλεψη του οπλισμού περίσφιγξης θα γίνεται ως εξής:

(i) Το μηχανικό ογκομετρικό ποσοστό του οπλισμού περίσφιγξης

$$\omega_{wd} = \frac{\text{όγκος κλειστών συνδετήρων}}{\text{όγκος σκυροδέματος πυρήνα}} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$

οφείλει να ικανοποιεί την παρακάτω σχέση:

$$\alpha \cdot \omega_{wd} = 0.85 \cdot v_d \cdot \left(0.35 \cdot \frac{A_c}{A_o} + 0.15\right) - 0.035, \text{ με } \omega_{Wd} \geq 0.10$$

όπου:

α συντελεστής αποδοτικότητας περίσφιγξης εξαρτώμενος από τη διάταξη των συνδετήρων, $\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s$

A_c το εμβαδόν ολόκληρης της διατομής σκυροδέματος του υποστυλώματος

A_o το εμβαδόν της διατομής του περισφιγμένου σκυροδέματος («πυρήνας»)

$v_d = \frac{N_{Sd}}{A_c \cdot f_{cd}}$ ανηγμένο αξονικό φορτίο το οποίο σε κάθε περίπτωση οφείλει να πληροί την συνθήκη $v_d \leq 0.65$

N_{Sd} η τιμή σχεδιασμού του μεγίστου θλιπτικού φορτίου υπό τον σεισμικό συνδυασμό δράσεων.

(ii) Ο συντελεστής αποδοτικότητας της περίσφιγξης εκτιμάται ως εξής:

-- Αναλόγως της διάταξης των συνδετήρων

$$\alpha_n = 1 - \sum_1^n b_i^2 / 6 \cdot A_o \left(= 1 - 8/3n, \text{ για } b_i = 4 \cdot b_o / n\right)$$

όπου:

n αριθμός «κορυφών» συνδετήρων ή «κόμβων» με εγκάρσιους συνδέσμους που συγκρατούν διαμήκεις ράβδους

b_i απόσταση μεταξύ διαδοχικών «κορυφών» ή «κόμβων», όχι μικρότερη από 250mm ή από 300mm (βλ. παρ. 18.4.3).

Για κυκλικά υποστυλώματα $\alpha_n = 1$.

-- Αναλόγως της απόστασης των συνδετήρων

$$\alpha_s = \left(1 - s' / 2 \cdot b_o\right)^2$$

όπου:

s' η καθαρή ελεύθερη απόσταση μεταξύ συνδετήρων $\left(s' < b_o / 2\right)$.

b_o το πλάτος της διατομής του πυρήνα $(A_o = b_o^2)$.

Για σπειροειδώς οπλισμένα υποστυλώματα (κυκλική ή τετραγωνική σπείρα), ο συντελεστής α_s είναι μεγαλύτερος, ίσος με $\alpha_s = (1 - s'/2 \cdot b_o)$.

(iii) Σε κάθε περίπτωση, η απόσταση ανάμεσα στις διαδοχικές στρώσεις συνδετήρων οφείλει να είναι επαρκής για την άνετη ροή και συμπύκνωση του νωπού σκυροδέματος μέσα και έξω από τον κλωβό του οπλισμού. Επίσης, η διάμετρος και η κατηγορία του χάλυβα περίσφιγξης πρέπει να επιλέγονται με κριτήριο την ικανότητα μόρφωσής του στα ακριβή σχήματα που απαιτεί αυτός εδώ ο Κανονισμός.

Παραλλήλως ισχύουν και οι απαιτήσεις της παρ. 18.4.4.1 που καλύπτουν τον κίνδυνο λυγισμού του κυρίου οπλισμού.

(iv) Επισημαίνεται ότι στην περίπτωση ορθογωνικών υποστυλωμάτων πρέπει ο πυρήνας τους να περισφίγγεται με περίπου τετραγωνικές ή κυκλικές διατάξεις συνδετήρων και συνδέσμων σύμφωνα με τα προηγούμενα, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ομοιόμορφη περίπου περίσφιγξη ολόκληρου του πυρήνα.

Η αποδοτική περίσφιγξη αντιστοιχεί σε μία αξονοσυμμετρική τριαξονική εντατική κατάσταση $|\sigma_1| > |\sigma_2 = \sigma_3|$. Για την πραγματοποίησή της απαιτούνται δύο προϋποθέσεις:

α) Η διάταξη των συνδετήρων οφείλει να είναι όσο γίνεται πλησιέστερη προς τον κύκλο ή το τετράγωνο, έστω και αν η διατομή του φέροντος στοιχείου είναι ορθογωνική.

β) Εξάλλου, τα προς κάθε κατεύθυνση γεωμετρικά ποσοστά συνδετήρων οφείλουν να είναι ίσα $(\rho_x \cong \rho_y)$.

Υπό αυτές τις προϋποθέσεις υπολογίζεται το ογκομετρικό μηχανικό ποσοστό ω_{wd} της παρ. β.i:

$$\omega_{wd} = (\rho_x + \rho_y) \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \approx 2 \cdot \rho_x \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \approx 2 \cdot \rho_y \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$

Αν $\rho_x \neq \rho_y$, στον υπολογισμό του ω_{wd} θα ληφθεί υπόψη η μικρότερη των δύο αυτών τιμών, δηλ.:

$$\omega_{wd} = 2 \cdot \rho_{min} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}}.$$

18.4.4.3 Οπλισμός κόμβων

Οι εγκάρσιοι οπλισμοί των άκρων των υποστυλωμάτων (με ή χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας) πρέπει να συνεχίζουν και στην περιοχή των κόμβων, με την ίδια διάταξη και με τις ίδιες αποστάσεις.

18.4.5 Κρίσιμες περιοχές υποστυλώματος με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας

Ορίζονται ως κρίσιμες περιοχές υποστυλώματος λ_{cr} :

α) Οι ακραίες περιοχές του υποστυλώματος πάνω και κάτω από τους κόμβους, σε απόσταση από την παρειά του κόμβου η οποία ισούται με το μεγαλύτερο από:

- το 1/5 του καθαρού ύψους ορόφου,
- τη μεγαλύτερη διάσταση της διατομής του υποστυλώματος,
- 600 mm.

β) Όταν υπάρχει τοίχος από τη μία πλευρά υποστυλώματος, τότε όλο το ύψος του θεωρείται κρίσιμο. Το ίδιο ισχύει για τα γωνιακά υποστυλώματα, τα οποία έχουν τοίχο από τη μία τους πλευρά κατά x ή και κατά y. Όταν ένα υποστύλωμα έχει από τη μία ή και από τις δύο μεριές του τοίχο, ο οποίος δεν εκτείνεται σε όλο το ύψος του ορόφου, το σύνολο του ύψους του θεωρείται κρίσιμο.

γ) Όταν το υποστύλωμα συνδέεται με τοίχωμα σε μέρος του ύψους του τότε κρίσιμο θεωρείται όλο το υπόλοιπο ύψος.

18.4.6 Αγκυρώσεις διαμήκους οπλισμού υποστυλώματος με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας

Σε ακραίους κόμβους υποστυλωμάτων, η αγκύρωση ράβδων μέσα στον κόμβο πρέπει να ακολουθεί τα εξής:

Η προς αγκύρωση ράβδος πρέπει να εκτείνεται όσο γίνεται πιο κοντά στην απέναντι πλευρά του κόμβου, όπου θα κάμπτεται κατά 90° προς το εσωτερικό του κόμβου (δηλ. οι ράβδοι της δεξιάς πλευράς του υποστυλώματος προς τα αριστερά και αυτές της αριστερής προς τα δεξιά). Το μήκος αγκύρωσης ξεκινά από απόσταση 5∅ μετά την είσοδο της ράβδου στον κόμβο. Σχετικώς, μπορεί να ληφθεί υπόψη η ευνοϊκή επιρροή της εγκάρσιας θλίψης κατά την παρ. 17.5.

18.4.7 Αναμονές υποστυλωμάτων

Σε υποστυλώματα, το μήκος αναμονών των διαμήκων ράβδων (στις στάθμες ορόφων) πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσο με το μεγαλύτερο από τα εξής:

- Μήκος αγκύρωσης λ_b των κάτω ράβδων (λ_b , κάτω), ή
- (1.0 ή 1.4) Χ μήκος αγκύρωσης λ_b των πάνω ράβδων (1.0 ή 1.4 λ_b , πάνω), για υποστυλώματα χωρίς ή με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας, αντιστοίχως.

Σε αυτές τις περιοχές διατάσσονται οι εγκάρσιοι οπλισμοί που προβλέπονται για τις περιοχές ενώσεων (παρ. 18.4.4.1, 17.7.2.4, 17.9.1 και 17.9.2).

18.4.8 Υποστυλώματα με σπειροειδή οπλισμό

Για τα θλιβόμενα στοιχεία με σπειροειδή οπλισμό ισχύουν οι διατάξεις των παρ. 18.4.1 έως και 18.4.7 που συμπληρώνονται με τις παρακάτω διατάξεις:

α) Η διάμετρος της διατομής του πυρήνα δεν επιτρέπεται να είναι μικρότερη από 250mm.

β) Ο ελάχιστος συνολικός διαμήκης οπλισμός είναι το 0.02 και ο μέγιστος το 0.04 του εμβαδού της διατομής του πυρήνα.

Στις περιοχές των ενώσεων με υπερκάλυψη το μέγιστο ποσοστό οπλισμού είναι 0.08.

Ο ελάχιστος αριθμός ράβδων είναι 6, οι οποίες κατανέμονται ομοιόμορφα στην περίμετρο.

γ) Το βήμα της σπείρας επιτρέπεται να είναι το πολύ 80mm ή το ένα πέμπτο της διαμέτρου του πυρήνα, η δε διάμετρός της τουλάχιστον 5mm.

δ) Τα άκρα της σπείρας, ακόμη και στις περιοχές των ενώσεων της σπείρας με υπερκάλυψη (που επιτρέπεται μόνο εκτός κρισίμων περιοχών και κόμβων), πρέπει να κάμπτονται προς τα μέσα υπό μορφή ορθογωνικού αγκίστρου ή να συγκολλώνται στη γειτονική σπείρα.

ε) Η σπείρα πρέπει να εκτείνεται και στην περιοχή των κόμβων.

18.5 ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ

18.5.1 Γεωμετρικά στοιχεία τοιχωμάτων

Ένα κατακόρυφο στοιχείο θεωρείται τοίχωμα όταν το μήκος του, λ_w, είναι τουλάχιστον τετραπλάσιο του πλάτους b.

Τοιχώματα που καταλήγουν σε υποστυλώματα πρέπει να έχουν πάχος b τουλάχιστον 150mm. Στις άλλες περιπτώσεις πρέπει να έχουν πάχος b τουλάχιστον 250mm, ή 200mm, για τοιχώματα με ή χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας, αντιστοίχως.

Σε κάθε περίπτωση, το πάχος δεν μπορεί να είναι μικρότερο από το 1/20 του ύψους ορόφου, εκτός αν γίνεται έλεγχος πλευρικής ευστάθειας.

Πρέπει να αποφεύγονται μη κανονικά τοποθετημένα ανοίγματα (έτσι ώστε να δημιουργείται σύζευξη, παρ. 18.5.8) στα τοιχώματα με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας, εκτός αν η επιρροή τους στη συμπεριφορά του τοιχώματος είναι αμελητέα ή λαμβάνεται υπόψη στον υπολογισμό.

18.5.2 Κρίσιμη περιοχή τοιχώματος με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας

Ως κρίσιμη περιοχή H_{cr} θεωρείται το τμήμα του τοιχώματος μέχρις ύψους (από τη θεμελίωση) τουλάχιστον ίσο με το μέγιστο των λ_w και $H_w/6$, όπου H_w το συνολικό ύψος από τη βάση έως την κορυφή του τοιχώματος.

Ως βάση τοιχώματος θεωρείται η στάθμη πακτώσεως στη θεμελίωση (ή σε υποκείμενα και θεμελιούμενα τοιχώματα τουλάχιστον διπλάσιου μήκους) ή η στάθμη οροφής πρακτικά απαραμόρφωτων υπογείων (βλ. και παρ. 14.3.1).

Σε κάθε περίπτωση η κρίσιμη περιοχή καλύπτει ολόκληρο το ύψος του κάτω ορόφου, ενώ οι λεπτομέρειες οπλίσεώς της συνεχίζονται και σε έναν τουλάχιστον υποκείμενο όροφο (υπόγειο), αν υπάρχει.

18.5.3 Κατακόρυφοι οπλισμοί τοιχωμάτων

Δεν επιτρέπεται η χρήση λείων χαλύβων ως κατακόρυφων οπλισμών τοιχωμάτων.

α) Κορμός

Η ελάχιστη διάμετρος του κατακόρυφου οπλισμού τοιχώματος είναι 10mm.

Η μέγιστη διάμετρος των κατακόρυφων ράβδων δεν μπορεί να υπερβαίνει το 1/10 του πάχους του τοιχώματος.

Στον κορμό του τοιχώματος, μεταξύ των ακραίων περιοχών, το συνολικό ποσοστό του κατακόρυφου οπλισμού δεν μπορεί να είναι μικρότερο από 0.0025 στις κρίσιμες περιοχές τοιχωμάτων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας και από 0.0015 εκτός των κρισίμων περιοχών ή σε τοιχώματα χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας. Ο οπλισμός αυτός πρέπει να σχηματίζει με τις οριζόντιες ράβδους 2 εσχάρες, μία κοντά σε κάθε όψη του τοιχώματος, οι οποίες να συνδέονται με εγκάρσιο σιγμοειδή οπλισμό 4Ø8/m^2 (S220). Σε κάθε εσχάρα η απόσταση δύο γειτονικών κατακόρυφων ράβδων θα είναι γενικώς $s \leq 300$ mm, πλην των κρισίμων περιοχών στη βάση τοιχωμάτων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας όπου πρέπει $s \leq 200$ mm.

β) Άκρα

Οι ακραίες περιοχές των κρισίμων περιοχών τοιχωμάτων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας πρέπει να διαμορφώνονται και να οπλίζονται σαν περισφιγμένα υποστυλώματα σε μήκος από το άκρο του τοιχώματος τουλάχιστον $1.5 \cdot b$ ή $0.15 \cdot l_w$, ή όπου η ανηγμένη θλιπτική παραμόρφωση σκυροδέματος ε_c είναι μεγαλύτερη από 0.2%. Στις ακραίες αυτές περιοχές ο κατακόρυφος οπλισμός πρέπει να είναι μεταξύ 0.01 και 0.04 της αντίστοιχης διατομής σκυροδέματος του υποτιθέμενου υποστυλώματος.

Για τον υπολογισμό της περισφίγξεως (παρ. 18.4.4.2) θα λαμβάνεται υπόψη για κάθε άκρο τοιχώματος ενεργή αξονική δύναμη ίση με:

$$N_{eff} \cong 1/3 \cdot (N_{Sd}/2 + M_{Sd}/z),$$

όπου:

z η απόσταση των κέντρων των περισφιγμένων άκρων.

Εκτός κρισίμων περιοχών (και εφόλου του ύψους) ή και σε τοιχώματα χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας συνιστάται όπως γίνεται διαμόρφωση ακραίων υποστυλωμάτων

με διαμήκεις και εγκάρσιους οπλισμούς σύμφωνα με τις παρ. 18.4.3 και 18.4.4.1 αντιστοίχως.

18.5.4 Διασταυρούμενα τοιχώματα

Στις περιπτώσεις που υπάρχουν πέλματα στα άκρα των τοιχωμάτων που έχουν ληφθεί υπόψη στον σχεδιασμό πρέπει η διαμόρφωση των ακραίων υποστυλωμάτων που προβλέπεται για το άκρο του τοιχώματος να επεκτείνεται εφ'όλου του συνεργαζόμενου πλάτους του πέλματος εφόσον η ανηγμένη θλιπτική παραμόρφωση σκυροδέματος στο πέλμα είναι μεγαλύτερη από 0.2%.

Η σύνδεση τοιχώματος - πέλματος πρέπει να ελέγχεται για διαμήκη τέμνουσα δύναμη σύμφωνα με την παρ. 11.3.

18.5.5 Ενώσεις κατακόρυφων ράβδων κορμού τοιχωμάτων

Πρέπει να αποφεύγεται η ένωση των κατακόρυφων ράβδων με υπερκάλυψη στην κρίσιμη περιοχή τοιχώματος με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας. Αν αυτό δεν είναι δυνατόν, επιτρέπεται ένωση του 33% των κατακόρυφων ράβδων ή και του 100% των κατακόρυφων ράβδων, με συντελεστή α_1 κατά την σχέση (17.3) ίσο με 1.4 ή 2.0, αντιστοίχως. Δύο ενώσεις θεωρούνται ότι γίνονται στην ίδια θέση όταν απέχουν, στην κατακόρυφη διεύθυνση, απόσταση μικρότερη από 1.5 φορές το μήκος υπερκάλυψης.

18.5.6 Οριζόντιοι οπλισμοί κορμού τοιχωμάτων

Οι οριζόντιοι οπλισμοί κορμού θα τοποθετούνται προς την εξωτερική πλευρά του τοιχώματος και θα αγκυρώνονται κατάλληλα. Η ελάχιστη διάμετρος του οριζόντιου οπλισμού τοιχώματος είναι 8mm. Οι απαιτήσεις για το ελάχιστο ποσοστό τους, τη μέγιστη διάμετρό τους και τις μέγιστες αποστάσεις τους είναι ίδιες με τις αντίστοιχες του κατακόρυφου οπλισμού κορμού του τοιχώματος μεταξύ των ακραίων περιοχών.

Δεν επιτρέπεται η χρήση λείων χαλύβων ως οριζόντιων οπλισμών τοιχωμάτων.

18.5.7 Αρμοί διακοπής εργασίας τοιχωμάτων

Στους αρμούς διακοπής εργασίας, το ποσοστό κατακόρυφου οπλισμού πρέπει να είναι αρκετό για να αντικαταστήσει όλη την αντοχή του σκυροδέματος, δίνεται δε από τη σχέση:

$$\rho_v = \frac{A_{s,tot}}{A_g} = \frac{\left(1.3 \cdot f_{ctm} - 0.7 \cdot \dfrac{N_{Sd}}{A_g}\right)}{f_{yd}} \geq 0.0025 \qquad (18.9)$$

όπου $A_{s,tot}$ περιλαμβάνει και τον κατακόρυφο οπλισμό των ακραίων στοιχείων, το A_g είναι η ευρύτερη περιοχή της συνεργαζόμενης διατομής, συμπεριλαμβανομένων και των συνοριακών στοιχείων, και N_{Sd} η ελάχιστη θλιπτική δύναμη του τοιχώματος, θεωρούμενη θετική για θλίψη.

18.5.8 Ανοίγματα σε τοιχώματα

Τυχόν ανοίγματα σε τοιχώματα πρέπει να έχουν κατάλληλη διάταξη και μικρή συνολική επιφάνεια, ώστε να μην παρεμποδίζουν την καμπτική και διατμητική λειτουργία του τοιχώματος. Τα ανοίγματα λαμβάνονται υποχρεωτικώς υπόψη κατά τον έλεγχο του τοιχώματος έναντι διάτμησης. Γενικώς απαιτείται η τοποθέτηση πρόσθετων οπλισμών γύρω από το άνοιγμα.

Ειδικότερα στα οριζόντια στοιχεία σύνδεσης συζευγμένων τοιχωμάτων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας που χωρίζονται με μια ή περισσότερες στήλες ανοιγμάτων, έτσι ώστε $\lambda/h \leq 3$, ολόκληρη η ένταση σεισμού (τέμνουσα και ροπή) παραλαμβάνεται με κατάλληλους δισδιαγώνιους οπλισμούς, εκτός εάν ισχύουν οι σχέσεις (18.10) και (18.11):

$$\tau_d < 2 \cdot \frac{l}{h} \cdot \tau_{Rd}, \qquad \tau_d = \frac{V_{Sd}}{b \cdot h} \quad \text{......} (18.10)$$

$$\rho' = \rho < \frac{1}{4} \cdot \frac{l}{h} \cdot \sqrt{f_{cd} / f_{yd}} \quad \text{......} (18.11)$$

όπου l, h και $\rho = \rho'$ το μήκος, το ύψος και το ποσοστό οπλισμού κάμψης των οριζόντιων στοιχείων σύνδεσης.

Οι δισδιαγώνιοι οπλισμοί πρέπει να περιβάλλονται από συνδετήρες ή σπείρες με αποστάσεις ή βήματα όχι μεγαλύτερα από 100mm. Το μήκος αγκύρωσης των δισδιαγώνιων οπλισμών θα είναι αυξημένο κατά 50%.

Οι οριζόντιοι οπλισμοί θα υπολογίζονται για τη ροπή κάμψης για όλες τις μη σεισμικές δράσεις και θα είναι τουλάχιστον 2Ø16 (S400, S500), άνω και κάτω.

Επίσης, σε κάθε παρειά τοποθετούνται διαμήκεις ράβδοι Ø10/200 mm (S400, S500). Το σύνολο περιβάλλεται με κλειστούς συνδετήρες Ø10/200 mm.

Σε αυτές τις περιπτώσεις δεν απαιτείται έλεγχος των V_{Rd2} και V_{Rd3} (Κεφ. 11).

18.6 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΣ

18.6.1 Περιμετρικά τοιχεία υπογείων

Το ελάχιστο πάχος των στοιχείων αυτών είναι γενικώς 200mm.

Οι οπλισμοί πρέπει να είναι υψηλής συνάφειας και να σχηματίζουν δύο εσχάρες, μία κοντά σε κάθε όψη του τοιχείου, οι οποίες να συνδέονται με εγκάρσιο σιγμοειδή οπλισμό τουλάχιστον $4Ø8/m^2$. Το ποσοστό του κατακόρυφου και του οριζόντιου οπλισμού δεν μπορεί να είναι μικρότερο από 0.002 για κάθε κατεύθυνση. Σε κάθε εσχάρα, η απόσταση δύο γειτονικών ράβδων κατακόρυφων ή οριζόντιων θα είναι $s \leq 200$ mm. Η μέγιστη διάμετρος όλων των ράβδων δεν μπορεί να υπερβαίνει το 1/10 του πάχους του τοιχώματος. Η ελάχιστη διάμετρος των ράβδων, σε περίπτωση χρησιμοποίησης δομικών πλεγμάτων, είναι 5 ή 6mm, για κατηγορία περιβάλλοντος 1/2 ή 3/4 αντιστοίχως (παρ. 5.1).

Σε περιπτώσεις ελεύθερων άκρων τοιχωμάτων, θα γίνεται διαμόρφωση κρυφο-υποστυλωμάτων.

Τα πέδιλα των τοιχείων υπογείου, εάν δεν αποτελούν στοιχεία γενικότερης θεμελίωσης υποστυλωμάτων και τοιχωμάτων, θα έχουν πλάτος τουλάχιστον $3 \cdot b_w$ ή 600 mm και ύψος τουλάχιστον $1.5 \cdot b_w$ ή 300 mm, και θα οπλίζονται με εσχάρα οπλισμού min. ∅12 (S400 ή S500) ανά max. 150 mm.

18.6.2 Πέδιλα υποστυλωμάτων / τοιχωμάτων

Το ελάχιστο πλάτος και ύψος πεδίλου είναι ίσο με $b_{min}, h_{min} \geq 0.70m$.

Σε περιπτώσεις μεμονωμένων πεδίλων σταθερού ύψους, το ελάχιστο επιτρεπόμενο ύψος είναι 0.50m.

Η όπλιση των πεδίλων γίνεται με ελάχιστο οπλισμό κάμψης σύμφωνα με την παρ.18.1.4.1 περί πλακών και τουλάχιστον με εσχάρες min. ∅12 (S400 ή S500) ανά max. 150 mm.

18.6.3 Συνδετήριες δοκοί

Το κάτω πέλμα των συνδετήριων δοκών θα διατάσσεται σε στάθμη κάτω από τον την άνω στάθμη των πεδίλων.

Η διατομή σκυροδέματος και ο συνολικός οπλισμός των συνδετήριων δοκών θα υπολογίζεται έτσι ώστε να αναλαμβάνεται ασφαλώς αξονικό φορτίο ίσο με το φορτίο που προσδιορίζεται από την παρ. 5.2.4.2 του ΕΑΚ.

Οι ελάχιστες διαστάσεις και ο ελάχιστος οπλισμός των συνδετήριων δοκών είναι:

Για $n \leq 3$

0.25/0.40m, 0.4% άνω και 0.4% κάτω
ή min 3+3Φ14 (S400 ή S500)
συνδ. Φ10/200

Για $n \geq 4$

0.25/0.60 m, 0.4% άνω και 0.4% κάτω
ή min 3+3Φ16 (S400 ή S500)
συνδ. Φ10/150

όπου n ο αριθμός ορόφων πέραν του τυχόν υπάρχοντος υπογείου (ή υπογείων).

Συνδετήριες δοκοί που προβλέπονται από την παρ. 5.2.4.2 του ΕΑΚ επιτρέπεται να αντικαθίστανται με ενιαία πλάκα, το πάχος της οποίας πρέπει να είναι τουλάχιστον 0.20m, στη άνω στάθμη των πεδίλων.

Ο ελάχιστος οπλισμός της πλάκας θα αποτελείται αφενός από δύο εσχάρες οπλισμού Φ10 (S400, S500) ανά 0.20m στο άνω και κάτω πέλμα και αφετέρου από τον οπλισμό που θα απαιτείτο στις θέσεις των αντίστοιχων συνδετήριων δοκών που παραλείπονται.

18.6.4 Πεδιλοδοκοί

Για το πλάτος και ύψος των πεδιλοδοκών, ισχύουν οι ελάχιστες απαιτήσεις των περιμετρικών τοιχείων υπογείων (βλ. παρ. 18.6.1).

Για τις πεδιλοδοκούς ισχύουν οι ελάχιστες απαιτήσεις που ισχύουν για συνδετήριες δοκούς. Επιπροσθέτως συνιστάται όπως διατάσσεται πρόσθετος καθ' ύψος οπλισμός για έλεγχο της ρηγμάτωσης (παρ. 15.5).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 19

ΕΚΛΟΓΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

19.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το Κεφάλαιο αυτό αφορά τις αρχές που πρέπει να τηρούνται στην εκλογή και παραγγελία των απαιτούμενων υλικών.

19.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΗΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Θα πρέπει να συμφωνούν με τις μεθόδους που αναγράφονται στον Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος (Κ.Τ.Σ.) εφόσον δεν ρυθμίζονται στον προκείμενο κανονισμό.

19.3 ΧΑΛΥΒΕΣ ΓΙΑ ΩΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

19.3.1 Γενικά

Ως οπλισμοί στοιχείων από ωπλισμένο σκυρόδεμα χρησιμοποιούνται μόνον οι χάλυβες που καθορίζονται στη μελέτη και συμφωνούν με τα τεύχη έγκρισης.

Η επιφάνεια των χαλύβων μπορεί να καλύπτεται με στρώση αντιδιαβρωτικής προστασίας. Η εφαρμογή αυτής της προστασίας πρέπει να λαμβάνεται καταλλήλως υπόψη αν μειώνει τα μηχανικά χαρακτηριστικά ή την συνάφεια των χαλύβων.

19.3.2 Συγκολλησιμότητα

Η συγκολλησιμότητα των οπλισμών εξαρτάται κυρίως από τη μέθοδο παραγωγής (θερμή εξέλαση ή ψυχρή κατεργασία), από την χημική σύνθεση και από την διάμετρο.

19.4 ΤΕΝΟΝΤΕΣ ΠΡΟΕΝΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ

Για την επιβολή προέντασης επιτρέπεται η χρήση μόνο των τενόντων (σύρματα, ράβδοι, συρματόσχοινα), αγκυρώσεων, συνδέσμων και σωλήνων, οι οποίοι καθορίζονται στη μελέτη και συμφωνούν με τα τεύχη έγκρισης.

19.5 ΕΝΘΕΜΑΤΑ

Ενθέματα ενσωματωμένα σε φέρουσες κατασκευές από ωπλισμένο και προεντεταμένο σκυρόδεμα δεν πρέπει να προκαλούν ανεπιθύμητες αλλαγές στην συμπεριφορά και την αντοχή του έργου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 20

ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

20.1 ΓΕΝΙΚΑ

Στο Κεφάλαιο αυτό ορίζονται οι βασικοί σκοποί που πρέπει να επιτυγχάνονται κατά τη διάρκεια της κατασκευής.

Όλο το προσωπικό που ασχολείται με την παραγωγή του σκυροδέματος και την εκτέλεση των εργασιών πρέπει να είναι κατάλληλα εκπαιδευμένο για την εργασία την οποία θα εκτελέσει.

20.2 ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Για τα θέματα τα σχετικά με

- την μεταφορά και αποθήκευση των υλικών του σκυροδέματος,
- την παρασκευή,
- την μεταφορά και διάστρωση και συμπύκνωση, και
- την συντήρηση του σκυροδέματος

ισχύουν οι αντίστοιχες διατάξεις του Κανονισμού Τεχνολογίας Σκυροδέματος (Κ.Τ.Σ.) εφόσον δεν ρυθμίζονται στον προκείμενο Κανονισμό.

20.2.1 Θερμική επεξεργασία του σκυροδέματος

Η θερμική επεξεργασία για επιτάχυνση της σκλήρυνσης του σκυροδέματος πρέπει να είναι γνωστή κατά τη φάση της μελέτης του έργου, δεδομένου ότι διάφορα άρθρα αυτού του

Κανονισμού πρέπει να προσαρμοσθούν έτσι ώστε να ληφθεί υπόψη η προτεινόμενη θερμική επεξεργασία.

20.3 ΙΚΡΙΩΜΑΤΑ ΚΑΙ ΞΥΛΟΤΥΠΟΙ

20.3.1 Γενικά

Τα ικριώματα και οι ξυλότυποι (ή σιδηρότυποι ή πλαστικότυποι) έχουν τρεις κύριους σκοπούς:

- δίνουν στο σκυρόδεμα τη μορφή του,
- παρέχουν τα μέσα για να προκύψει η απαιτούμενη διαμόρφωση και εμφάνιση των επιφανειών,
- στηρίζουν τον φορέα μέχρις ότου μπορέσει να φέρει φορτία.

Τα ικριώματα και οι ξυλότυποι υπολογίζονται και κατασκευάζονται έτσι ώστε να φέρουν ασφαλώς τα φορτία κατά την κατασκευή, να επιτρέπουν τυχόν απαραίτητες παραμορφώσεις και να συμφωνούν με τις ανοχές διαστάσεων που προδιαγράφονται για την κατασκευή.

20.3.2 Κατασκευή ικριωμάτων και ξυλοτύπων

α) Οι στηρίξεις στο έδαφος, τα ικριώματα και οι ξυλότυποι πρέπει να κατασκευάζονται από ειδικευμένο προσωπικό και σύμφωνα με τα σχέδια και τις προδιαγραφές.

β) Οι αρμοί των στοιχείων του σανιδώματος πρέπει να στεγανοποιούνται κατάλληλα.

γ) Οι εσωτερικές παρειές των ξυλοτύπων πρέπει να είναι καθαρές. Εγκεκριμένα υλικά διευκόλυνσης της αποκόλλησης των ξυλοτύπων πρέπει να τοποθετούνται σε συνεχείς ομοιόμορφες στρώσεις. Το σκυρόδεμα πρέπει να διαστρώνεται σε όσο το δυνατόν μικρότερο χρονικό διάστημα από την εφαρμογή των υλικών αυτών και όσο αυτά διατηρούν την αποτελεσματικότητά τους.

20.3.3 Αφαίρεση ικριωμάτων και ξυλοτύπων

20.3.3.1 Χρόνος αφαίρεσης ικριωμάτων και ξυλοτύπων

Τα ικριώματα ή οι ξυλότυποι επιτρέπεται να αφαιρούνται μόνο όταν το σκυρόδεμα έχει σκληρυνθεί επαρκώς. Το σκυρόδεμα θεωρείται επαρκώς σκληρυνθέν όταν το δομικό στοιχείο έχει αναπτύξει τέτοια αντοχή, ώστε να μπορεί να παραλάβει με την απαιτούμενη ασφάλεια όλα τα κατά τον χρόνο της αφαίρεσης των ικριωμάτων ή ξυλοτύπων επιβαλλόμενα φορτία.

Ιδιαίτερη προσοχή επιβάλλεται για τα δομικά στοιχεία, τα οποία αμέσως μετά την αφαίρεση των ικριωμάτων παραλαμβάνουν σχεδόν το σύνολο των φορτίων του υπολογισμού.

Εάν η εξέλιξη της σκλήρυνσης δεν παρακολουθείται με δοκίμια, οι ξυλότυποι δεν θα αφαιρούνται πριν από τις ημέρες που δίνονται στον Πίνακα 20.1 και οι οποίες θεωρούνται βασικές τιμές χρόνου αφαίρεσης.

Πίνακας 20.1: Χρόνοι αφαίρεσης των ξυλοτύπων (βασικές τιμές)

Στοιχεία κατασκευής	**Τύπος τσιμέντου**	
	I	**II**
Πλευρικά δοκών, πλακών, υποστυλωμάτων, τοιχωμάτων	2 ημ.	3 ημ.
Ξυλότυποι πλακών και δοκών	5 ημ.	8 ημ.
Ξυλότυποι δοκών και πλακών ανοίγματος > 5m	10 ημ.	16 ημ.
Υποστυλώματα ασφαλείας (βοηθητικά) δοκών και πλακών ανοίγματος > 5m	28 ημ.	28 ημ.

Ειδικές μέθοδοι σκυροδέτησης και ειδικά σκυροδέματα μπορεί να απαιτούν ιδιαίτερο χρόνο αφαίρεσης των ξυλοτύπων.

Οι ξυλότυποι των υποστυλωμάτων και τοιχωμάτων πρέπει να αφαιρούνται πριν από τους ξυλοτύπους των δοκών και πλακών, τις οποίες στηρίζουν. Ικριώματα, υποστυλώματα ξυλοτύπων και φέροντες ξυλότυποι πλακών (φορείς ξυλοτύπων) πρέπει να απομακρύνονται προσεκτικά με χαλάρωση των μηχανισμών συγκράτησης.

Δεν επιτρέπεται η χαλάρωση με κρούσεις και η βίαιη αφαίρεσή τους. Πρέπει να αποφεύγονται οι κραδασμοί.

20.3.3.2 Βοηθητικά υποστυλώματα (ασφαλείας)

Για να περιοριστούν οι παραμορφώσεις από ερπυσμό και συστολή ξήρανσης, πρέπει να παραμένουν βοηθητικά υποστυλώματα ή να τοποθετούνται αμέσως μετά την αφαίρεση των ξυλοτύπων.

Τα βοηθητικά υποστυλώματα πρέπει να παραμένουν όσο το δυνατόν περισσότερο (βλ. και Πίνακα 20.1), ιδίως σε δομικά στοιχεία, τα οποία αμέσως μετά την αφαίρεση των ξυλοτύπων παραλαμβάνουν μεγάλο τμήμα του φορτίου υπολογισμού, ή στα οποία αφαιρούνται πρόωρα οι ξυλότυποι. Τα βοηθητικά υποστυλώματα πρέπει να υπέρκεινται μεταξύ τους στους διάφορους ορόφους.

Σε πλάκες και δοκούς με ανοίγματα μέχρι 8m, περίπου, αρκούν βοηθητικά υποστυλώματα στο μέσον του ανοίγματος. Για μεγαλύτερα ανοίγματα πρέπει να τοποθετούνται περισσότερα βοηθητικά υποστυλώματα. Για πλάκες ανοίγματος μικρότερου από 3m περιττεύουν κατά κανόνα τα βοηθητικά υποστυλώματα.

20.3.3.3 Φόρτιση δομικών στοιχείων μετά πρόσφατη αφαίρεση των ξυλοτύπων

Απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή όταν δεν μπορεί να αποφευχθεί η χρήση των πατωμάτων κατά τις πρώτες ημέρες μετά την κατασκευή ή αφαίρεση των ξυλοτύπων.

Δεν επιτρέπεται με κανένα τρόπο η απόρριψη, η συσσώρευση και η απόθεση μεγάλων ποσοτήτων διαφόρων υλικών σε προσφάτως κατασκευασμένα πατώματα.

20.4 ΚΟΙΝΟΙ ΧΑΛΥΒΕΣ ΓΙΑ ΩΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

20.4.1 Μεταφορά και αποθήκευση

Η μεταφορά και αποθήκευση των χαλύβων πρέπει να γίνεται έτσι ώστε να αποφεύγονται:

- μηχανικές βλάβες (π.χ. εγκοπές) ή πλαστικές παραμορφώσεις,
- θραύσεις συγκολλήσεων προκατασκευασμένων στοιχείων ή πλεγμάτων,
- ρυπάνσεις που βλάπτουν την συνάφεια,
- απώλειες της δυνατότητας χαρακτηρισμού και πιστοποίησης του είδους των χαλύβων,
- μειώσεις διατομών λόγω διάβρωσης.

Η μεταφορά και αποθήκευση των προκατασκευασμένων κλωβών και πλεγμάτων οπλισμού πρέπει να γίνεται έτσι ώστε να αποφεύγεται, εκτός των άλλων, η απαράδεκτη παραμόρφωση των κλωβών και η σχετική μετατόπιση των οπλισμών.

Η κατάσταση της επιφάνειας των οπλισμών πρέπει να εξετάζεται πριν από τη χρησιμοποίησή τους για να εξασφαλίζεται η απουσία βλαβερών αλλοιώσεων.

20.4.2 Κοπή

Η κοπή πρέπει να γίνεται, κατά προτίμηση, με μηχανικά μέσα.

Σε περίπτωση ράβδων ψυχρής εξέλασης με συστροφή (στρέψη) πρέπει να αφαιρούνται τα μη συνεστραμμένα άκρα, αν χρησιμοποιούνται οι μηχανικές ιδιότητες των άκρων των ράβδων.

20.4.3 Κάμψη

Η κάμψη πρέπει να γίνεται με μηχανικά μέσα, με σταθερή ταχύτητα, χωρίς απότομες κινήσεις και με την βοήθεια τύμπανων, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται σταθερή ακτίνα καμπυλότητας για το καμπτόμενο τμήμα. Απαγορεύεται το ίσιωμα ράβδων που έχουν καμφθεί ή η προθέρμανση με φλόγα οξυγόνου. Εξαιρούνται οι χάλυβες που μπορούν αποδεδειγμένα να καμφθούν χωρίς σημαντική μεταβολή των ιδιοτήτων τους.

20.4.4 Συγκολλήσεις ράβδων

20.4.4.1 Γενικά

Οι διατάξεις αυτές ισχύουν για τις συγκολλήσεις φερόντων οπλισμών είτε στο εργοστάσιο, είτε στο συνεργείο, είτε στο εργοτάξιο. Δεν ισχύουν για τις συγκολλήσεις πλεγμάτων και άλλων προϊόντων που έχουν προτυποποιηθεί και εγκριθεί ως συγκολλημένα στοιχεία.

Κατά τη συγκόλληση πρέπει να τηρούνται τα μέτρα ασφαλείας και να γίνονται ειδικοί έλεγχοι.

Απαγορεύεται η συγκόλληση με φλόγα οξυγόνου ή με σφυρηλάτηση.

20.4.4.2 Συγκολλήσεις με συνεχή ραφή

Οι συγκολλήσεις πρέπει να έχουν ικανοποιητική αντοχή και ολκιμότητα.

Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μόνο με μέθοδο συγκόλλησης κατάλληλη για τον τύπο του οπλισμού και την υπόψη ένωση.

20.4.4.3 Σημειακές συγκολλήσεις

Ως σημειακές συγκολλήσεις νοούνται εδώ οι προσωρινές συγκολλήσεις ράβδων οπλισμού για την μεταφορά και τοποθέτηση. Οι συγκολλήσεις αυτές πρέπει να έχουν ικανοποιητική αντοχή και ολκιμότητα, όπως οι ενώσεις με συνεχή ραφή (παρ. 20.4.4.2).

20.4.4.4 Συγκολλήσεις ράβδων οπλισμού σε άλλα χαλύβδινα στοιχεία

Η μελέτη, η εκτέλεση και ο έλεγχος αυτών των συγκολλήσεων πρέπει να συμφωνεί με τις γενικές απαιτήσεις συγκολλήσεων σε δομικά έργα.

20.4.4.5 Απαιτήσεις ικανότητας

Οι συγκολλήσεις πρέπει να επιβλέπονται από προσωπικό εξοικειωμένο με τις μεθόδους και τους Κανονισμούς συγκόλλησης οπλισμών.

Οι συγκολλητές πρέπει να αποδείξουν την ικανότητά τους για συγκόλληση υπό πραγματικές συνθήκες κατασκευής.

20.4.5 Ενώσεις

20.4.5.1 Ενώσεις με υπερκάλυψη

Το μήκος και η θέση των ενώσεων πρέπει να συμφωνούν με την μελέτη.

20.4.5.2 Ενώσεις με συγκόλληση

Ενώσεις με συγκόλληση γίνονται σύμφωνα με την παρ. 20.4.4 και στις θέσεις που προβλέπονται στην μελέτη.

Οι συγκολλήσεις επιτρέπονται, γενικά, μόνο σε ευθύγραμμα τμήματα οπλισμών.

20.4.5.3 Μηχανικές ενώσεις

Τα εξαρτήματα μηχανικών ενώσεων πρέπει να καλύπτονται με τεύχη έγκρισης ή με δοκιμές.

Οι μηχανικές ενώσεις πρέπει να γίνονται σύμφωνα με τις προδιαγραφές που περιέχονται στα τεύχη έγκρισης και οι θέσεις τους πρέπει να φαίνονται στα σχέδια οπλισμού.

20.4.6 Συναρμολόγηση και τοποθέτηση του οπλισμού

α) Η συναρμολόγηση του οπλισμού (καθολική ή μερική) στο εργοτάξιο ή στο συνεργείο πρέπει να εξασφαλίζει:

- την διατήρηση της θέσης των οπλισμών κατά την μεταφορά, την τοποθέτηση και την σκυροδέτηση μέσα στα όρια των κατασκευαστικών ανοχών. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται για τις αποστάσεις από τις παρειές.
- την ευχέρεια διάστρωσης του σκυροδέματος.

β) Η συναρμολόγηση του οπλισμού περιλαμβάνει και την στερέωσή του.

Η στερέωση με συγκόλληση υπόκειται στις ίδιες κατασκευαστικές απαιτήσεις που αφορούν και τις ενώσεις με συγκόλληση.

Τα στηρίγματα και τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται για την τήρηση των αποστάσεων πρέπει να είναι κατάλληλα και σε ικανό αριθμό, ώστε να ικανοποιούνται οι συνθήκες της παρ.α. Επιπλέον, δεν πρέπει να παρεμποδίζουν την διάστρωση ούτε να αποτελούν αδύνατο σημείο, όσον αφορά την αντοχή σε διάρκεια και ειδικά την επιρροή του περιβάλλοντος.

Τα στηρίγματα και τα παραπάνω στοιχεία (αποστάτες) πρέπει:

- να περιβάλλονται ικανοποιητικά από σκυρόδεμα,
- να είναι αδρανή ως προς τα περιβάλλονται υλικά,
- να παρουσιάζουν ανοχές συμβιβαστές με εκείνες που απαιτούνται για τους οπλισμούς,
- να συμπεριφέρονται ικανοποιητικά όσον αφορά τις θερμοκρασιακές επιρροές.

20.5 ΤΕΝΟΝΤΕΣ ΠΡΟΕΝΤΑΣΗΣ

20.5.1 Μεταφορά και αποθήκευση

Οι τένοντες προέντασης, οι σωλήνες, οι αγκυρώσεις και οι σύνδεσμοι (π.χ. αρμοκλείδες) πρέπει να προστατεύονται κατά την μεταφορά, τον χειρισμό και την αποθήκευση. Η αποθήκευση πρέπει να γίνεται με προστασία από τη βροχή, την υγρασία του εδάφους και τις ατμοσφαιρικές συνθήκες αν είναι διαβρωτικές.

Η συγκόλληση κοντά σε τένοντες προέντασης απαγορεύεται, εκτός αν έχουν ληφθεί ειδικά μέτρα.

Η κατάσταση των επιφανειών των τενόντων και η στεγανότητα των σωλήνων πρέπει να ελέγχεται πριν από την χρήση τους, ώστε να εξασφαλίζεται η απουσία επιβλαβών αλλοιώσεων.

20.5.2 Κοπή

Η κοπή πρέπει να γίνεται με μηχανικά μέσα ή με φλόγα οξυγόνου. Στην τελευταία περίπτωση η κοπή πρέπει να γίνεται σε απόσταση μεγαλύτερη από 20 έως 30mm από μια αγκύρωση.

20.5.3 Κάμψη

Η κάμψη επιτρέπεται αν γίνεται μόνο με μηχανικά μέσα, με σταθερή ταχύτητα, χωρίς απότομες κινήσεις, με την βοήθεια τύμπανων, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται σταθερή ακτίνα καμπυλότητας για το τμήμα που κάμπτεται. Η διάμετρος του τυμπάνου δεν πρέπει να είναι μικρότερη από την ελάχιστη επιτρεπόμενη, που καθορίζεται στα τεύχη έγκρισης.

Απαγορεύεται η αναδίπλωση.

Κοντά στις αγκυρώσεις, στους συνδέσμους, στα προετοιμασμένα άκρα των τενόντων (ελικώσεις, βολβοί, νευρώσεις) και στο εσωτερικό των συσκευών τάνυσης και αγκύρωσης, οι τένοντες πρέπει να είναι ευθύγραμμοι, σε μήκος που είναι συνάρτηση του τύπου του τένοντα και της μεθόδου προέντασης.

20.5.4 Ενώσεις, αγκυρώσεις και σύνδεσμοι

Οι διατάξεις για τις ενώσεις, τις αγκυρώσεις και τους συνδέσμους των τενόντων πρέπει να συμφωνούν με τα τεύχη έγκρισης (παρ. 19.3).

20.5.5 Συναρμολόγηση και τοποθέτηση των τενόντων

Δεν επιτρέπεται η χρήση τενόντων που έχουν υποστεί βλάβες.

Η συναρμολόγηση και η τοποθέτηση στο εργοτάξιο, ή στο συνεργείο γίνεται σύμφωνα με τα τεύχη έγκρισης και σύμφωνα με τους κανόνες που αφορούν:

- την επικάλυψη σκυροδέματος και την απόσταση τενόντων,
- την διατήρηση της θέσης των τενόντων, των συνδέσμων και των αγκυρώσεων, μέσα στα όρια των κατασκευαστικών ανοχών,
- την ευχέρεια διάστρωσης του σκυροδέματος.

Η συναρμολόγηση των τενόντων περιλαμβάνει και την στερέωσή τους. Τα στηρίγματα και τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται για την τήρηση των αποστάσεων πρέπει να πληρούν τους όρους της παρ. 20.4.6 και να διατάσσονται σε ικανό αριθμό, ώστε να ικανοποιούνται οι παραπάνω απαιτήσεις.

Απαγορεύεται να γίνει με συγκόλληση στερέωση σωλήνων που ήδη περιέχουν τένοντες.

20.5.6 Σωλήνες

α) Οι τύποι των σωλήνων που χρησιμοποιούνται πρέπει να συμφωνούν με τις παραδοχές της μελέτης.

Οι σωλήνες πρέπει να έχουν κανονική χάραξη και ικανό αριθμό σημείων στήριξης ώστε να εξασφαλίζεται η τήρηση των ανοχών σε ό,τι αφορά την ακριβή τοποθέτησή τους.

β) Οι σωλήνες πρέπει να είναι στεγανοί ως προς το νωπό σκυρόδεμα. Πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην στεγανότητα των συνδέσεων των σωλήνων κατά τη διάρκεια της σκυροδέτησης.

Σε περίπτωση που στην μελέτη προβλέπεται σύνδεση μεταξύ τενόντων και σκυροδέματος, οι σωλήνες πρέπει να παρουσιάζουν καλή συνάφεια με το σκυρόδεμα.

Σημεία εξαγωγής αέρα πρέπει να προβλέπονται σε όλα τα άκρα και τα υψηλά σημεία της χάραξης.

Πρόσθετα σημεία εξαγωγής αέρα πρέπει να προβλέπονται για τους τένοντες που έχουν μεγάλο μήκος.

20.5.7 Προετοιμασία και προστασία των σωλήνων πριν από την τσιμεντένεση

Οι σωλήνες πρέπει να προστατεύονται, μέχρις ότου γίνουν τσιμεντενέσεις, από την εισχώρηση ξένων ουσιών που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την εκτέλεση και ποιότητα των τσιμεντενέσεων.

Σε περιόδους παγετού πρέπει να εμποδίζεται η εισχώρηση νερού για να αποφεύγεται διάσπαση του σκυροδέματος από τον σχηματισμό πάγου.

20.6 ΕΙΔΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΕΝΤΑΣΗ

20.6.1 Προένταση πριν από την έγχυση του σκυροδέματος

20.6.1.1 Οδηγίες για το εργοτάξιο ή το εργοστάσιο

Στο εργοτάξιο ή το εργοστάσιο πρέπει να τηρείται ημερολόγιο που να καθορίζει:

- τα στοιχεία που θα προενταθούν και τον εξοπλισμό που θα χρησιμοποιηθεί,
- την σειρά με την οποία θα προενταθούν τα στοιχεία,
- την μέγιστη πίεση ή δύναμη στους γρύλους,
- την πίεση ή την δύναμη στους γρύλους στο τέλος της διαδικασίας της προέντασης και τις ακραίες τιμές των επιμηκύνσεων,
- τις ολισθήσεις των τενόντων που δεν πρέπει να ξεπεραστούν,
- την σειρά με την οποία πρέπει να απελευθερωθούν οι τένοντες. «Ολική» απελευθέρωση, δηλαδή ταυτόχρονη απελευθέρωση όλων των τενόντων, είναι πάντα η καλύτερη λύση,
- την αντοχή του σκυροδέματος που απαιτείται κατά την προένταση. Η τιμή αυτή πρέπει να ελέγχεται πριν από την επιβολή της προέντασης.

20.6.1.2 Πρόσθετες οδηγίες

Ειδική προσοχή πρέπει να δίνεται στην τέλεια καθαρότητα αγκυρώσεων επαναχρησιμοποιούμενου τύπου.

Αγκυρώσεις με βλάβες πρέπει να αντικαθίστανται.

Αν οι τένοντες, όταν τοποθετούνται, δεν είναι τέλεια ευθύγραμμοι, δηλαδή παρουσιάζουν τοπικές αποκλίσεις, τότε η χρήση τους πρέπει να αιτιολογείται από κατάλληλα πειραματικά δεδομένα ή να καλύπτεται από τεύχη έγκρισης.

20.6.2 Προένταση μετά την σκλήρυνση του σκυροδέματος

20.6.2.1 Οδηγίες για το εργοτάξιο

Πριν από οποιαδήποτε εργασία τάνυσης πρέπει να έχει παραληφθεί από το εργοτάξιο έγγραφο που να καθορίζει:

- την χρησιμοποιούμενη μέθοδο προέντασης,
- τα στοιχεία που θα προενταθούν και τον εξοπλισμό που θα χρησιμοποιηθεί,
- την απαιτούμενη αντοχή σκυροδέματος κατά την έναρξη της προέντασης,
- την μέγιστη πίεση ή την δύναμη στους γρύλους,
- την ολίσθηση των τενόντων, αν χρειάζεται,
- την επιμήκυνση που πρέπει να πραγματοποιηθεί, σε αντιστοιχία με την πίεση ή την δύναμη των γρύλων και τα αποδεκτά όρια διακύμανσης της επιμήκυνσης αυτής,
- την σειρά των διαδοχικών φάσεων προέντασης και αφαίρεσης ικριωμάτων, αν προβλέπονται τέτοιες φάσεις,
- τις ενδεχόμενες δοκιμές που πρέπει να εκτελεσθούν (π.χ. δοκιμές τριβής),
- την σειρά τάνυσης των τενόντων και τα άκρα από όπου πρέπει να επιβληθεί η τάνυση.

20.6.2.2 Εκτέλεση της προέντασης

Η τάνυση πρέπει να γίνεται σύμφωνα με προκαθορισμένο πρόγραμμα και από προσωπικό κατάλληλα εκπαιδευμένο για την εργασία αυτή.

Γενικά απαιτείται ταυτόχρονη μέτρηση δύναμης και επιμήκυνσης. Στις περιπτώσεις που η δύναμη στον γρύλο δεν μπορεί να μετρηθεί απευθείας, η προένταση πρέπει να φθάνει την τελική της τιμή σταδιακά, με ενδιάμεσες μετρήσεις. Οι μετρήσεις καταχωρούνται στο δελτίο προέντασης. Οι επιμηκύνσεις διαβάζονται με ακρίβεια χιλιοστού (mm).

Η προένταση συμπληρώνεται όταν η δύναμη στον γρύλο και η αντίστοιχη επιμήκυνση γίνουν ίσες με τις απαιτούμενες τιμές, λαμβάνοντας υπόψη τις επιτρεπόμενες ανοχές.

Αν παρουσιαστούν ανωμαλίες, είτε στην σχέση μεταξύ επιμηκύνσεων που παρατηρήθηκαν και δυνάμεων που εφαρμόστηκαν, είτε στην τιμή της ολίσθησης των τενόντων στις

αγκυρώσεις, πρέπει να ληφθούν κατάλληλα μέτρα. Τα άκρα των τενόντων δεν πρέπει να κοπούν πριν επιβεβαιωθεί ότι η δύναμη προέντασης που επιτεύχθηκε είναι αποδεκτή.

20.6.3 Προστασία τενόντων και αγκυρώσεων σε περίπτωση προέντασης μετά από την σκλήρυνση του σκυροδέματος

20.6.3.1 Γενικά

Η εργασία προστασίας των τενόντων που έχουν ενταθεί και βρίσκονται μέσα σε σωλήνες (ή διόδους διαμορφωμένες στο σκυρόδεμα) περιλαμβάνει την πλήρωση με κατάλληλο υλικό όλων των κενών που υπάρχουν στο εσωτερικό των σωλήνων, ανάμεσα στους τένοντες και τους σωλήνες, και ανάμεσα στους ίδιους τους τένοντες.

α) Σε περίπτωση που απαιτείται μηχανική σύνδεση μεταξύ τενόντων και σκυροδέματος, οι σωλήνες πρέπει να συνδέονται κατάλληλα με το σκυρόδεμα και το προστατευτικό υλικό να παρουσιάζει ικανοποιητική μηχανική αντοχή.

Κανονικά το προστατευτικό υλικό είναι τσιμεντένεμα που εισάγεται:

- είτε ανάμεσα στους τένοντες και τον σωλήνα, οπότε η σύνδεση εξασφαλίζεται από την συνάφεια μεταξύ τενόντων και σκληρυμένου τσιμεντενέματος,
- είτε ανάμεσα στους τένοντες, που έχουν καλυφθεί με προστατευτική μεμβράνη και τον σωλήνα, αν η μορφή και μόνο των τενόντων εξασφαλίζει την μηχανική σύνδεση.

β) Σε περίπτωση που δεν απαιτείται μηχανική σύνδεση, το προστατευτικό υλικό μπορεί να είναι μια λιπαντική ουσία που δεν πρέπει να επηρεάζεται από τον χρόνο ή να έχει δυσμενή επίδραση στους τένοντες.

γ) Οι αγκυρώσεις και οι συνδέσεις πρέπει να προστατεύονται από την διάβρωση.

Γενικά οι αγκυρώσεις καλύπτονται με σκυρόδεμα ή κονίαμα (σφράγισμα).

20.6.3.2 Προσωρινή προστασία

Αν το χρονικό διάστημα μεταξύ τάνυσης και τσιμεντένεσης είναι μεγαλύτερο από το μέγιστο αποδεκτό, απαιτείται προσωρινή προστασία των τανυσμένων τενόντων.

Στην περίπτωση που η συνάφεια μεταξύ τένοντα και τσιμεντένεσης είναι απαραίτητη, το υλικό της προσωρινής προστασίας θα πρέπει να συμβιβάζεται με την απαίτηση αυτή.

Το υλικό προσωρινής προστασίας δεν πρέπει να επηρεάζει δυσμενώς τον χάλυβα προέντασης ή το τσιμεντένεμα.

20.6.3.3 Προστασία με τσιμεντένεση στο εργοτάξιο

20.6.3.3α Εκτέλεση της τσιμεντένεσης

Η τσιμεντένεση πρέπει να γίνεται ώστε να γεμίζουν ομοιόμορφα όλα τα κενά που υπάρχουν γύρω από τους τένοντες μέσα στους σωλήνες. Η τσιμεντένεση πρέπει να γίνεται κατά τρόπο συνεχή και χωρίς διακοπή, αρχίζοντας από το πιο χαμηλό σημείο χάραξης, με εξαίρεση βέβαια τον δοκιμαστικό έλεγχο που γίνεται πριν από την έναρξη των εργασιών.

Η τσιμεντένεση αρχίζει μόνο αφού ελεγχθούν όλες οι απαραίτητες προϋποθέσεις καλής εκτέλεσης, δηλαδή:

- κατάλληλο προσωπικό σε επαρκή αριθμό,
- κατάλληλος εξοπλισμός, σε καλή κατάσταση και έτοιμος για λειτουργία,
- υλικά συγκεντρωμένα κοντά στο χώρο εργασίας,
- μόνιμη παροχή νερού υπό πίεση και πεπιεσμένου αέρα,
- αεραγωγοί προετοιμασμένοι και με κατάλληλη σήμανση,
- εκτέλεση δοκιμής καταλληλότητας αν απαιτείται.

20.6.3.3β Τσιμεντένεση

Τα κύρια σημεία που πρέπει να καθορίζονται και να ελέγχονται πριν από την τσιμεντένεση είναι:

- τύπος τσιμέντου και προσθέτων (ενδεχομένως το είδος και η αναλογία άμμου),
- μέγιστη περιεκτικότητα σε βλαβερές ουσίες, κυρίως χλωριόντα, θειικά ή νιτρικά άλατα,
- λόγος νερού / τσιμέντου,
- ρευστότητα (στην είσοδο και στην έξοδο),
- απώλεια νερού,
- θλιπτική αντοχή τσιμεντενέματος,
- θερμοκρασία περιβάλλοντος,
- χρονικό διάστημα που το τσιμεντένεμα είναι εργάσιμο,
- καθορισμός και αριθμός δοκιμών ελέγχου (ειδικά καθορισμός της μεθόδου δειγματοληψίας),
- πίεση τσιμεντένεσης (μέγιστη επιτρεπόμενη),
- ειδικά προληπτικά μέτρα σε σχέση με την χάραξη των τενόντων (τένοντες μεγάλου μήκους, κατακόρυφοι τένοντες),
- πλύσιμο τενόντων, αν χρειάζεται,
- μέτρα έναντι παγετού.

20.6.3.3γ Σφράγισμα

Μετά από την σκλήρυνση του τσιμεντενέματος, όλα τα ανοίγματα, τα σωληνάκια και οι αεραγωγοί πρέπει να σφραγίζονται ερμητικά για να εμποδίζεται η διείσδυση νερού, αντιπηκτικών και άλλων βλαβερών ουσιών.

20.6.4 Ειδικές μέθοδοι

Για ειδικές μεθόδους (π.χ. προένταση με περιέλιξη) οι παραπάνω κανόνες ισχύουν από γενική άποψη μόνο. Πρέπει να ακολουθούνται οι οδηγίες που δίνονται στα τεύχη έγκρισης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 21

ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

Στο Κεφάλαιο αυτό ορίζονται οι απαιτούμενοι έλεγχοι για την εξασφάλιση της καταλληλότητας της κατασκευής, από την άποψη μόνο της αντοχής, της λειτουργικότητας και της ανθεκτικότητας σε διάρκεια.

21.1 ΓΕΝΙΚΑ

21.1.1 Ορισμοί

Ποιοτικός έλεγχος: ο ποιοτικός έλεγχος περιλαμβάνει συνδυασμό ενεργειών και αποφάσεων που λαμβάνονται σύμφωνα με τις προδιαγραφές. Επίσης περιλαμβάνει ελέγχους που εξασφαλίζουν την ικανοποίηση των αποφάσεων.

Ο ποιοτικός έλεγχος αποτελείται από δύο διαφορετικά αλλά αλληλοεξαρτώμενα μέρη, τον έλεγχο της παραγωγής και τον έλεγχο συμμόρφωσης.

Έλεγχος παραγωγής: περιλαμβάνει συνδυασμό ενεργειών και αποφάσεων που λαμβάνονται κατά την διάρκεια της παραγωγής για τον έλεγχο των εργασιών παραγωγής και για την εξασφάλιση της ικανοποίησης των όρων των προδιαγραφών.

Έλεγχος συμμόρφωσης: συμπεριλαμβάνει συνδυασμό ενεργειών και αποφάσεων σύμφωνα με προσυμφωνημένους κανόνες, για έλεγχο της συμμόρφωσης του προϊόντος με τις προδιαγραφές.

Κανόνες συμμόρφωσης: ομάδα κανόνων που συμπεριλαμβάνει:

- τον καθορισμό του μεγέθους του δείγματος που θα εξετασθεί,
- την συχνότητα της δειγματοληψίας,
- τα κριτήρια αποδοχής.

Συμμόρφωση / Μη συμμόρφωση: σχετίζεται με μια πρώτη απόφαση. Η συμμόρφωση οδηγεί σε αποδοχή ενώ η μη συμμόρφωση οδηγεί σε ορισμένες άλλες ενέργειες.

Αποδοχή / Απόρριψη: σχετίζεται με την τελική απόφαση.

Η μη συμμόρφωση μπορεί να οδηγήσει σε αποδοχή ή απόρριψη.

21.1.2 Ενέργειες ποιοτικού ελέγχου

Ο ποιοτικός έλεγχος περιλαμβάνει τους ακόλουθους συστηματικούς ελέγχους των υλικών, των μεθόδων κατασκευής και των τελειωμένων προϊόντων:

α) Έλεγχοι με την βοήθεια οργάνων μέτρησης:

- δοκιμές των υλικών για την παραλαβή τους,
- έλεγχοι διαστάσεων ξυλοτύπου, οπλισμών, προκατασκευασμένων στοιχείων κ.α.

β) Επιθεώρηση

- αναγνώριση των υλικών,
- εξέταση των πιστοποιητικών συμμόρφωσης,
- έλεγχος της αντιστοιχίας των μετρήσεων προς την χρησιμοποιούμενη μεθοδολογία,
- έλεγχος της καταλληλότητας του εξοπλισμού και της εξειδίκευσης του προσωπικού,
- έλεγχος ξυλοτύπων, οπλισμών, διάστρωσης σκυροδέματος κ.α..

21.2 ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

21.2.1 Προκαταρκτικοί έλεγχοι

21.2.1.1 Γενικά

Ο σκοπός των προκαταρκτικών ελέγχων, που γίνονται πριν αρχίσουν οι εργασίες παραγωγής, είναι ο έλεγχος της δυνατότητας να κατασκευασθεί το προβλεπόμενο από την μελέτη έργο, με τα διατιθέμενα υλικά, τον υπάρχοντα εξοπλισμό και τις προβλεπόμενες και διαθέσιμες μεθόδους κατασκευής.

21.2.1.2 Αξιοπιστία της μελέτης

Η μελέτη πρέπει να ελέγχεται πριν από την εφαρμογή της ως προς την αξιοπιστία και το συμβιβαστό των σχεδίων και των τευχών.

Το σύνολο των σχεδίων και κειμένων πρέπει να είναι πλήρες.

Η μελέτη πρέπει να καλύπτει όλες τις φάσεις κατασκευής και χρήσης του έργου.

Ο υπεύθυνος για την κατασκευή δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να τροποποιήσει την μελέτη με δική του πρωτοβουλία.

21.2.1.3 Αξιοπιστία της επιλογής υλικών και συστατικών

Η ποιότητα και το συμβιβαστό των υλικών και των συστατικών των σκυροδεμάτων, κονιαμάτων κλπ. πρέπει να ελέγχεται με προκαταρκτικές δοκιμές.

Για τον σκοπό αυτό, πριν αρχίσει η παραγωγή σκυροδέματος, πρέπει να ελεγχθεί το ότι οι προτεινόμενες αναλογίες μίξης και τα προτεινόμενα υλικά ικανοποιούν τις προδιαγραφές για το νωπό και για το σκληρυμένο σκυρόδεμα, λαμβάνοντας υπόψη τις συνθήκες που θα υπάρχουν κατά το στάδιο της πλήρους παραγωγής.

21.2.1.4 Αξιοπιστία των μεθόδων και μέσων κατασκευής

Ο εξοπλισμός που θα χρησιμοποιηθεί και οι μέθοδοι κατασκευής που προτείνονται πρέπει να καθορισθούν επακριβώς και να ελεγχθούν πριν αρχίσει η κατασκευή. Για τον σκοπό αυτό μπορούν ενδεχομένως να γίνουν και δοκιμές.

21.2.2 Έλεγχος υλικών και συστατικών

21.2.2.1 Γενικά

Θεωρείται ως δεδομένο ότι στο εργοστάσιο ο έλεγχος των υλικών και συστατικών γίνεται από τον παραγωγό.

Στο εργοτάξιο πρέπει να ελέγχεται κατά την παραλαβή ότι τα υλικά και συστατικά που παραλαμβάνονται συμφωνούν με την παραγγελία.

21.2.2.2 Επιθεώρηση σε περίπτωση παραλαβής στο εργοτάξιο

21.2.2.2α Υλικά

Η επιθεώρηση των υλικών αφορά τον χαρακτηρισμό τους και την συμφωνία τους με τις προδιαγραφές των τευχών έγκρισης ή με τις απαιτήσεις αυτού του Κανονισμού.

Όλα τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν πρέπει να συνοδεύονται από πιστοποιητικά συμμόρφωσης, τα οποία να δείχνουν ότι η ποιότητα και η μέθοδος παραγωγής του υλικού συμφωνεί με τη σχετική εγκριτική απόφαση.

21.2.2.2β Έτοιμο σκυρόδεμα

Ισχύουν οι διατάξεις του Κανονισμού Τεχνολογίας Σκυροδέματος (Κ.Τ.Σ.).

21.2.2.2γ Μεταλλικά στοιχεία

Ο έλεγχος της ποιότητας των μεταλλικών στοιχείων γίνεται συνήθως με βάση τις εγγυήσεις που συνοδεύουν την παράδοσή τους στο εργοτάξιο και αργότερα με τον οπτικό έλεγχο της κατάστασής τους πριν τοποθετηθούν στο έργο.

21.2.2.3 Έλεγχος πριν από την χρήση

Πριν από οποιαδήποτε χρήση υλικών και συστατικών στο έργο πρέπει:

α) να ελέγχεται ότι δεν έχουν υποστεί από τότε που έγινε η παραλαβή τους στο εργοτάξιο ή στο εργοστάσιο, τέτοιες ζημιές που να τα κάνουν ακατάλληλα για χρήση,

β) ενδεχομένως, να ελέγχεται η αμοιβαία συμβιβαστότητά τους,

γ) ενδεχομένως, να ελέγχεται η ποιότητα του νερού.

21.2.3 Επιθεώρηση πριν από την σκυροδέτηση

Η επιθεώρηση αυτή πρέπει να αφορά:

- την στερεότητα των ξυλοτύπων και ικριωμάτων,
- την συμφωνία των διαστάσεων των ξυλοτύπων με τα κατασκευαστικά σχέδια,
- την καθαρότητα των ξυλοτύπων και των επιφανειών διακοπής σκυροδέτησης,
- την ομοιόμορφη επικάλυψη των καλουπιών με προϊόντα που διευκολύνουν το ξεκαλούπωμα,
- την στεγανότητα των αρμών μεταξύ των στοιχείων των ξυλοτύπων,
- την επιφανειακή κατάσταση των οπλισμών και των τενόντων προέντασης,
- την θέση και διάμετρο των οπλισμών (και των τενόντων), την στερέωσή τους, την ποιότητα των συνδέσεων τους και την κατάσταση των σωλήνων,
- την κανονικότητα των καμπυλών των τενόντων μέσα στους σωλήνες,
- την κατάσταση των αγκυρώσεων, την θέση τους και την στερέωσή τους,
- την παρουσία στο εργοτάξιο του εξοπλισμού που ενδεχομένως απαιτείται για ρύθμιση του ξυλοτύπου,
- την παρουσία στο εργοτάξιο εξοπλισμού για τη συντήρηση του σκυροδέματος,
- προβλέψεις για προστασία από τον ήλιο, δυνατό αέρα, βροχή, ή ψυχρό καιρό.

21.2.4 Έλεγχος ανάμιξης, μεταφοράς, διάστρωσης και συμπύκνωσης του σκυροδέματος

Ισχύουν οι αντίστοιχες διατάξεις του Κανονισμού Τεχνολογίας Σκυροδέματος (Κ.Τ.Σ.).

21.2.5 Έλεγχοι συντήρησης του σκυροδέματος

Ισχύουν οι αντίστοιχες διατάξεις του Κανονισμού Τεχνολογίας Σκυροδέματος (Κ.Τ.Σ.).

21.2.6 Έλεγχοι κατά την προένταση (προένταση πριν και μετά από την σκλήρυνση του σκυροδέματος)

Οι χάλυβες προέντασης πρέπει να επιθεωρούνται πριν χρησιμοποιηθούν, με σκοπό να αποκαλυφθούν (και να αποκατασταθούν) οι βλάβες τις οποίες μπορεί να έχουν υποστεί μετά την παραλαβή τους στο εργοτάξιο.

Η ακρίβεια των συσκευών (πιεσόμετρα, δυναμόμετρα, μηκυνσιόμετρα) πρέπει να ελέγχεται πριν από την πρώτη χρήση τους και στη συνέχεια, τουλάχιστον μία φορά τον μήνα.

Τα σφάλματα βαθμονόμησης δεν πρέπει να ξεπερνούν το 3% στην στάθμη της δύναμης προέντασης.

Πριν από την τάνυση πρέπει να ελέγχεται και να εξασφαλίζεται η δυνατότητα σωστής εφαρμογής της. Πρέπει να ελέγχεται η σωστή εφαρμογή των οδηγιών που δίνονται στις παρ. 20.6.1.1 και 20.6.2.1.

Οι μετρήσεις που γίνονται σε κάθε στάδιο προέντασης (πιέσεις στους γρύλους, επιμηκύνσεις, ολισθήσεις στις αγκυρώσεις) πρέπει να σημειώνονται στο δελτίο προέντασης.

Ο χρόνος ανάμεσα στην επιβολή της προέντασης και την οριστική προστασία των τενόντων πρέπει να ελέγχεται και να σημειώνεται.

21.2.7 Έλεγχος των μέτρων προστασίας των τενόντων (προένταση μετά από την σκλήρυνση του σκυροδέματος)

Πριν από την τσιμεντένεση πρέπει να ελεγχθεί ότι έχουν εφαρμοσθεί οι όροι των παρ. 20.6.3.2 και 20.6.3.3.

Κατά την διάρκεια της τσιμεντένεσης πρέπει απαραιτήτως να ελέγχεται η πίεση, η ελεύθερη ροή του ενέματος από τα ακροφύσια, η διαρροή ενέματος, η ποσότητα του εισαγόμενου ενέματος και να λαμβάνονται δοκίμια για τον έλεγχο του ιξώδους και της απώλειας νερού και -αν απαιτείται- για τον έλεγχο της αντοχής.

Μετά από την τσιμεντένεση πρέπει να ελεγχθεί το σφράγισμα των αγκυρώσεων.

21.2.8 Ημερολόγιο εργασιών

Στα εργοτάξια που τηρείται ημερολόγιο εργασιών, πρέπει να περιέχονται οι παρακάτω πληροφορίες:

- μετρήσεις θερμοκρασίας και υγρασίας αέρος,
- σύνθεση του σκυροδέματος που χρησιμοποιείται (τύπος τσιμέντου και αδρανών),
- αποδοχή υλικών και συστατικών,
- επιθεωρήσεις και έλεγχοι τοποθέτησης των οπλισμών και των τενόντων,

- ημερομηνίες σκυροδέτησης και αφαίρεσης ξυλοτύπων,
- αποτελέσματα δοκιμών και μετρήσεων,
- θερμοκρασία του σκυροδέματος (όταν η σκυροδέτηση γίνεται με πολύ ψυχρό ή ζεστό καιρό),
- περιγραφή συμβάντων.

21.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗΣ

21.3.1 Γενικά

Οι έλεγχοι συμμόρφωσης επιτρέπουν την λήψη απόφασης συμμόρφωσης ή μη-συμμόρφωσης.

21.3.2 Υλικά και συστατικά

Ο έλεγχος συμμόρφωσης των υλικών και συστατικών αφορά κανονικά την εγκυρότητα των ελέγχων που έγιναν σύμφωνα με την παρ. 21.2.2.

21.3.3 Έλεγχος συμμόρφωσης του σκυροδέματος

Η παράγραφος αυτή αφορά τον έλεγχο της ποιότητας του σκυροδέματος στην κατάσταση που βρίσκεται αμέσως πριν από την χρήση του. Ο έλεγχος αυτός γίνεται με σκοπό την αποδοχή του.

Τα θέματα τα σχετικά με:

- μεθόδους προδιαγραφής και δοκιμών ελέγχου σκυροδέματος,
- μεθόδους δειγματοληψίας,
- εκτίμηση της αντοχής του σκυροδέματος,
- αξιοπιστία των προτύπων δοκιμών αντοχής

διέπονται από τις αντίστοιχες διατάξεις του Κανονισμού Τεχνολογίας Σκυροδέματος.

21.3.4 Έλεγχος της τελειωμένης κατασκευής

Ο έλεγχος αυτός συνίσταται στην οπτική επιθεώρηση και στον έλεγχο διαστάσεων.

Ανάλογα με το είδος και την προβλεπόμενη χρήση της κατασκευής ίσως απαιτηθούν πρόσθετοι έλεγχοι.

21.4 ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

21.4.1 Γενικά

Η αποδοχή της κατασκευής περιλαμβάνει χωριστές αποφάσεις για κάθε τμήμα του έργου (αντίστοιχο των παρτίδων σκυροδέματος) που υπόκειται σε έλεγχο και αποδοχή, και μια γενική απόφαση για την συμπεριφορά του έργου ως συνόλου.

21.4.2 Μέτρα που λαμβάνονται σε περίπτωση μη συμμόρφωσης

Αν η επιθεώρηση ή τα αποτελέσματα των δοκιμών δημιουργούν αμφιβολίες για την ποιότητα του έργου, πρέπει να γίνεται ειδικός έλεγχος. Αυτός περιλαμβάνει τον έλεγχο της αξιοπιστίας των στοιχείων που έχουν ληφθεί και την εκτίμηση της πραγματικής αντοχής και συμπεριφοράς της κατασκευής, με πιθανή προσφυγή σε ακριβέστερες μεθόδους υπολογισμού.

Επίσης μπορεί να γίνει και πειραματικός έλεγχος της κατασκευής.

Αν τελικά τα αποτελέσματα των δοκιμών ελέγχου του σκυροδέματος δεν είναι ικανοποιητικά, πρέπει να ακολουθούνται οι ενέργειες που αναφέρονται στον Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος.

21.4.3 Στοιχεία του έργου

Κατά την παραλαβή του έργου διαβιβάζονται στον κύριο του έργου όλα τα έγγραφα, τα σχέδια και άλλα στοιχεία που αφορούν την κατασκευή του έργου, όπως αυτή πραγματικά εκτελέσθηκε.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 22

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΣΚΕΥΗ / ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

22.1 ΓΕΝΙΚΑ

Οι κατασκευές πρέπει να συντηρούνται έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η αντοχή και η λειτουργικότητα που αναμένεται από αυτές και για την οποία μελετήθηκαν. Όταν, παρόλα αυτά, διαπιστωθούν φθορές και βλάβες σε βαθμό τέτοιο που η χρήση του έργου να συνεπάγεται κινδύνους, πρέπει να γίνονται επισκευές ή και ενισχύσεις.

Οι διατάξεις και συστάσεις του Κεφαλαίου αυτού αφορούν μόνο έργα που σχεδιάσθηκαν και κατασκευάσθηκαν με τον παρόντα Κανονισμό.

22.2 ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ

Οι επιθεωρήσεις έχουν σκοπό να ανιχνεύσουν την ενδεχόμενη εμφάνιση φθορών και βλαβών, στην διάρκεια της ζωής του έργου. Έργα μεγάλης σημασίας που βρίσκονται σε ειδικό περιβάλλον, πρέπει να επιθεωρούνται τακτικά, και αν είναι απαραίτητο με ειδικά όργανα ελέγχου που θα έχουν ενσωματωθεί κατά την κατασκευή.

22.3 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

Αλλαγές χρώματος, διάρρηξη - εκτίναξη του σκυροδέματος, διαρροές, σκουριά κλπ. από τη μια, και ρωγμές ή υπερβολικές παραμορφώσεις από την άλλη, μπορούν να είναι ενδείξεις σοβαρής βλάβης.

Αν υπάρχουν υπόνοιες σοβαρής βλάβης είναι αναγκαία η συνδρομή εμπειρογνώμονα για να αναλυθεί η αιτία, να αποτιμηθούν οι βλάβες και να δοθούν οδηγίες για την επέμβαση, αν χρειάζεται.

22.4 ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ / ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ

Καμιά οριστική επέμβαση δεν πρέπει να γίνεται πριν ανακαλυφθεί η αιτία της βλάβης και πριν εξουδετερωθεί (κατά το δυνατόν) με κατάλληλο τρόπο.

22.5 ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

Η μελέτη και το πρόγραμμα επισκευών και ενισχύσεων πρέπει να καλύπτονται και από δοκιμές αν χρειαστεί.

Πρέπει να εξασφαλίζεται ότι η κατασκευή μετά τις επισκευές / ενισχύσεις παρέχει αντοχή τουλάχιστον ίση με την αντοχή που απαιτείται στις νέες κατασκευές, που μελετώνται και κατασκευάζονται σύμφωνα με τον παρόντα Κανονισμό, ενώ παραλλήλως πρέπει να ικανοποιούνται και τα κριτήρια λειτουργικότητας και ανθεκτικότητας.

ΑΡΘΡΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΕΝΑΡΞΗ ΙΣΧΥΟΣ

1. Ο ανωτέρω Ελληνικός Κανονισμός Ωπλισμένου Σκυροδέματος (Ε.Κ.Ω.Σ. 2000) εφαρμόζεται παράλληλα με τον ισχύοντα Νέο Ελληνικό Κανονισμό για την Μελέτη και Κατασκευή Έργων από Σκυρόδεμα (Ν.Ε.Κ.Ω.Σ.) όπως αυτός αρχικά εγκρίθηκε με την Απόφαση αριθμ. Δ11ε/0/30123/31-12-1991 και στη συνέχεια τροποποιήθηκε με την Απόφαση αριθμ. Δ11β/13/3-3-995, για χρονική περίοδο από την έναρξη εφαρμογής του μέχρι 20.12.2000.
2. Κατά το χρονικό αυτό διάστημα παρέχεται η δυνατότητα εφαρμογής κατ' επιλογή είτε των παλαιών διατάξεων που ισχύουν σήμερα είτε των νέων που θεσπίζονται με τον παρόντα Κανονισμό.

3. Μετά τη λήξη της χρονικής αυτής περιόδου εφαρμόζεται αποκλειστικά ο Ελληνικός Κανονισμός Ωπλισμένου Σκυροδέματος (Ε.Κ.Ω.Σ. 2000) όπως εγκρίνεται με την παρούσα Απόφαση.

4. Η ισχύς της Απόφασης αυτής αρχίζει από τη δημοσίευσή της στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως.

Αθήνα, 18 Οκτωβρίου 2000

Ο ΥΠΟΥΡΓΟΣ

ΚΩΝ. ΛΑΛΙΩΤΗΣ

ΑΠΟ ΤΟ ΕΘΝΙΚΟ ΤΥΠΟΓΡΑΦΕΙΟ